Astr. u. 309 R

Fl 445

Fl 15

Seurer

00:75

URANIA.

Das Wissenswürdigste

aus der

Himmelskunde

und

mathematischen Geographie.

In allgemein faßlicher Darstellung,

von

Dr. Julius Hartmann,
Lehrer am Gymnasium zu Marburg.

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.

Das Ahnenerbe
Forschungsstätte für E...

Mit 21 lithographirten Tafeln nebst 2 Sternchärtchen mit beweglichem Horizont.

39.900

Leipzig, 1844.
Einhorn's Verlags-Expedition.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

3
Copy...
1
16
5 3

Das Ahnenerbe
Bücherei

G84/1641

Vorrede zur ersten Auflage.

Das Interesse für Gegenstände der Natur und unter andern namentlich auch für Astronomie und mathematische Geographie hat sich zur Zeit so allgemein verbreitet, daß nicht nur jeder gebildete Mann wenigstens einigermaßen damit vertraut sein muß, sondern selbst jede wohlorganisirte höhere Töchterschule das Hauptsächlichste aus jenen Wissenschaften als nothwendiges Glied ihrer Unterrichtsgegenstände anerkennt.

Bevor ich den mathematischen und physikalischen Unterricht am hiesigen Gymnasium übernahm, hatte ich Gelegenheit, für eine solche höhere Töchterschule die folgenden Blätter im Umrisse zu entwerfen. Nach einigem Suchen fand ich damals kein Lehrbuch, das mir ganz zugesagt hätte. Daher beschränkte ich mich auf blos mündlichen Vortrag, weil ich mich zu dem langweiligsten und geisttödtendsten aller Lehrergeschäfte, dem Dictiren, auch schon wegen der knapp zugemessenen Zeit nicht entschließen konnte. Der Eifer aber, mit dem meine Schülerinnen, trotz der Schwierigkeit gehöriger häuslicher Repetitionen, mir damals folgten, sowie der Gedanke, daß vielleicht auch ein anderer Lehrer sich in meine Ideenassociationen finden werde, und endlich die Hoffnung, der einen oder andern unserer gebildeten Frauen einen kurzen Fremdenführer durch die Gauen des Himmels in die Hände zu geben, bewogen mich, diese Zeilen für den Druck einzurichten. Um sie aber zugleich für andere Classen von Lesern, namentlich auch für Geschäftsmänner, denen es an Zeit gebricht, tiefer in diesen Gegenstand einzudringen, sowie für das zartere Jünglingsalter, dem mathematische Formeln noch widerstreben, brauchbar zu machen, mußte ich den Kreis des Gesagten ein wenig weiter stecken, als es für den ersten Schritt in einer Töchterschule nöthig oder wünschenswerth erscheinen dürfte.

Der Hauptgesichtspunkt aber, der mir beim Entwerfen dieser Blätter vorschwebte, war: ich wollte dem Leser nicht blos eine trockene Aufzählung der Wahrheiten darbieten, die große Geister der Vergangenheit und Gegenwart über die Gestalt, Größe und Lage unserer Erde im Weltraum, sowie über die Bewegungen und Beschaffenheit der Himmelskörper entdeckt haben, und ihn mit dem unbefriedigenden Troste: „so ist's, denn berühmte und gescheidte Leute haben es so gefunden" — zum stumpfsinnigen, ungläubigen Anstaunen menschlichen Scharfsinnes auffordern, — ich wollte ihm auch den Weg zeigen, wie man dahin kommen konnte, jene oft so wunderbar scheinenden Resultate zu erfahren, wie man Entfernungen messen, die nur das Auge noch durchdringt, ja Bahnen bestimmen konnte, von denen keiner unserer Sinne unmittelbar uns nur die geringste Kunde giebt. Konnte dieser Weg auch nicht immer der geschichtlich-wahre oder eleganteste und genaueste sein, weil zu dessen Betretung oft Kenntnisse nöthig sind, die ich bei meinen Lesern, namentlich beim weiblichen Geschlecht, nicht voraussetzen konnte und durfte, so habe ich mich doch bemüht, den leichtfaßlichsten herauszufinden, um wenigstens eine Idee von der Möglichkeit und Art und Weise zu geben, die Wunder des Himmels zu entdecken.

Einige Kenntniß mathematischer Wahrheiten und namentlich geometrischer Begriffe und Anschauungen ist indeß so unumgänglich nöthig, selbst nur zum Verstehen der Thatsachen, daß ich nicht umhin konnte, diese so gedrängt als möglich in der Einleitung zusammen zu stellen. Rathen möchte ich daher, namentlich meinen Leserinnen, sich durch diese Dornen am Eingang in den Park des Weltalls erst hindurchzuwinden, diese Einlaßkarte der Einleitung erst zu lösen, weil sonst leicht beim weiteren Vordringen die Thore zum Allerheiligsten ihnen verschlossen bleiben, und überall emporwucherndes Gestrüppe sich ihnen hemmend in den Weg stellen würde. — Gewöhnlich ist es nur der Mangel an genügender und geläufiger Vorstellung einiger mathematischer Begriffe, der alles fernere Verständniß unmöglich macht und Damen nach einigen fruchtlosen Versuchen abschreckt, — wenn sie auch nicht grade zur Classe derer gehören, die höchstens an einem tändelnden Romane zu naschen sich die Mühe nehmen.

Da ich aber doch natürlich Trigonometrie und noch vielmehr

höhere Analysis, diese Schlüssel zur Astronomie, ganz ignoriren mußte, so habe ich gesucht auf dem Wege der Zeichnung manche Resultate finden zu lehren. Deshalb mußten auch die Kupfertafeln etwas vollständiger ausfallen; aber eben deshalb würde ich auch ein Reißzeug, oder wenigstens Zirkel, Lineal und Transporteur zu den nöthigsten Requisiten der Leser rechnen. Das Selbstzeichnen nöthigt sie, genau und bestimmt die einzelnen Verhältnisse zu durchmustern, und nur das genau und scharf Aufgefaßte prägt sich der Phantasie und dem Gedächtniß für ewig — das heißt ja — für eine etwas längere Zeit — ein.

Ueber die Quellen, aus denen ich schöpfte, brauche ich wohl nicht umständlich Rechenschaft zu geben; die Thatsachen finden sich in fast allen Lehrbüchern der Physik oder mathematischen Geographie oder Astronomie. Daß ich aus andern Büchern blos abgeschrieben, wird man mir nicht Schuld geben, wenn ich auch hin und wieder im letzten Abschnitt Stellen, die ich doch nicht besser hätte sagen können, und die grade in meinen Context paßten, aus classischen Werken entlehnt habe. Diese sind aber alle mit Anführungszeichen versehen.

Da dieses Werkchen durchaus keinen Anspruch auf wissenschaftlichen Werth machen kann, sondern seinen Beruf vollständig erfüllt hat, wenn es dem einen oder andern meiner Leser, im Bündniß mit dessen Interesse und Eifer, ein freundlicher Führer durch den Weltenraum geworden, — so kann ich nicht erwarten, daß Männer vom Fache es einer, auch nur flüchtigen, Ansicht würdigen; sollte aber vielleicht ein Schulmann sich die Mühe nehmen, mir Winke und Belehrungen zukommen zu lassen, so würde ich solche mit dem wärmsten Danke aufnehmen.

Wegen der geringen Eleganz des Styls muß ich, namentlich bei meinen Leserinnen, um gütige Nachsicht bitten. Oftmals mußte diese der Kürze, oft der Deutlichkeit zum Opfer werden.

Marburg, im September 1841.

Der Verfasser.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Indem ich hiermit dem Publicum die zweite Auflage übergebe, fühle ich mich verpflichtet, über einige Aenderungen oder Nichtänderungen Rechenschaft abzulegen. — Außer manchen Privaturtheilen sind mir vier öffentliche Recensionen: in Helios 1841. Nr. 47.; in Gersdorf's Rep. 31. Bd. 5. Heft S. 412; von Diesterweg in d. rhein. Bl. 1842. S. 257; und von Kühner in d. Allg. Schulzeitg. 1843. Nr. 147. zu Gesicht gekommen*). — Diese gaben mir — nebst dem raschen Absatz der ersten Auflage — die Beruhigung, daß das Buch seinen Zweck nicht ganz verfehlt habe.

Belehrende Winke, die mir auf diese Weise zugekommen, habe ich, soweit ich mich von deren Richtigkeit überzeugte und

*) Als eine Art öffentlicher, wenn auch indirecter, Beurtheilung könnte ich vielleicht noch anführen, daß Herr H. E. v. Egidy in seinem Hörsaal der Wissenschaft und Kunst. Zittau und Leipzig 1843. C. G. F. Bier. Zweite Auflage (eine erste scheint nicht zu existiren) neben Partien aus Werken von anerkannter Classicität auch Nummern aus meinem Buche der wörtlichen (nur selten etwas uncorrecten) Aufnahme gewürdigt, und so dasselbe zu den „nicht schlechtesten Blüthen" gezählt hat. So findet sich u. A.:

Urania 1ste Aufl.;	2te Auflage im Hörsaal
Vorwort Anfang	zu Anfang des Vorworts
Nr. 149 Ende, 150;	145, 146. auf S. 23.
= 548. . .	601. . . . 46.
= 277. . .	287. . . . 57.
= 547. . .	600. . . . 63.
= 140, 141. .	140, 141. . . 64.
= 263—273. .	273—283. . . 65—80, 87—110.
= 274. . .	284. . . . 114.
= 430, 431. .	443, 444. . . 217.
= 432. . .	445. . . . 219.

äußere Umstände deren Beachtung gestatteten, dankbar benutzt und auf ausgesprochene Wünsche die nöthige Rücksicht genommen. — Alle zu befriedigen lag jedoch nicht in meiner Macht, weil sich dieselben oft geradezu widersprechen. So wollte der Eine diesen oder jenen Gegenstand, den ich zuerst ausschließen zu müssen glaubte, noch aufgenommen haben, dem Andern war es des Materials schon bei weitem zu viel.

Um dem ersteren Wunsche entgegen zu kommen, habe ich weitere Ausführungen, u. A. z. B. Erklärung der scheinbaren (geocentrischen) Planetenbahnen vom Copernicanischen Standpunkt aus, ihrer Bestimmung durch die Elemente, eine tabellarische Aufstellung der geocentrischen Oerter der 6 größeren Planeten für 1844, 45 und 46 aus Encke's Jahrbuch, Bestimmung der Lage des Sonnenäquators durch Fleckenbeobachtungen, der Entfernung der Sonne durch Venusdurchgänge, der Sichtbarkeit des Saturnrings, nähere Betrachtung der drei bedeutenderen Mondstörungen u. s. w. gegeben. Um aber auch dem Bedürfniß eines engern Kreises astronomischer Lehren abzuhelfen, habe ich die Ueberschriftsnummern derjenigen Paragraphen, die bei einem ersten Cursus etwa ungelesen oder wenigstens unstudirt bleiben könnten, in Klammern geschlossen.

Der Lehrgang ist im Wesentlichen derselbe geblieben. Der Leser findet gleichsam selbst, durch eigene oder fremde Erfahrung weiter geführt, freilich nicht immer auf dem wirklich-historischen Wege, aber doch in genetischer Entwickelung, die astronomischen Wahrheiten. Ein solcher, fingirt-historischer Weg gewährt vor dem wahren den Vortheil, daß in ihm verwandte Entdeckungen, die wirklich zu verschiedenen Zeiten gemacht wurden, an einander angereiht und so zu einem mehr oder weniger abgerundeten Ganzen vereinigt werden können. In den Hauptzügen werden nun zwar alle künstlich-historischen Wege mit dem wirklich-historischen übereinstimmen müssen, in einzelnen Nebenpartien aber wird eine größere oder geringere Ausführlichkeit, eine strengere oder weniger strenge Begründung verschiedene Anordnungen des Materials räthlich machen. — Kann ich mir nun auch nicht einbilden, daß mein Entwickelungsgang für die von mir supponirte wissenschaftliche Stufe der beste sei, so wird man doch einsehen, daß ich nicht leicht, ohne den organischen Zusammenhang zu zerreißen, einzelne Materien so verstellen konnte, wie sie der Eine oder Andere nach

seinem Gange aufeinanderfolgen zu sehen sich gewöhnt hat. Ich hätte die ganze Anlage ändern, ein ganz neues Buch schreiben müssen, was aber äußere und innere Gründe jetzt nicht gestatteten.

Daß bei einem genetischen Lehrgang die Verhältnisse der Erde und des Himmels nicht scharf abgegrenzt betrachtet werden dürfen, macht Diesterweg gewiß mit Recht geltend, daher denn auch die ganz unpassenden Ueberschriften: „Erstes Buch: Mathematische Geographie, zweites Buch: Astronomie," die den Schein einer solchen Abgrenzung hervorrufen könnten, weggefallen sind.

Sollte es einem Leser unangenehm sein, die Copernicanische Wahrheit zu lange zu entbehren, so glaube ich ihm durch Bezeichnung der allenfalls zu überspringenden Paragraphen den nöthigen Vorschub geleistet zu haben. — Allerdings haben wohl alle Leser in der Schule und im Leben längst gehört, daß die Erde um die Sonne wandere, — die meisten aber, die das Buch wirklich zu ihrer Belehrung zur Hand nehmen, kennen wohl nicht die Gründe in ihrem ganzen Gewicht, die uns den Glauben an den Schein gleichsam aus der Hand winden. Daher mußten z. B. die Pendel- und Fallversuche, die Aberration, trotzdem daß sie weit in die nachcopernicanische Zeit fallen, doch beim Auftreten des wahren Weltsystems aufgeführt werden, weil sie im innigsten Zusammenhang mit dieser neuen Ansicht der Dinge stehen und ihr zur kräftigsten Stütze dienen. — Die wirkliche Geschichte machte mit Copernicus ja auch einen Sprung in der Entwickelung. Sein System war gleichsam ein kühner, glücklicher Seherblick in die Zukunft; es konnte erst im Laufe der Jahrhunderte im Volksbewußtsein Wurzel fassen und wurde erst durch jene Beweise, besonders aber durch die Newtonsche Mechanik über alle Zweifel erhoben. Hätte Copernicus jene Beweise geben können, so hätte Tycho nicht mehr als Zweifler auftreten können.

Allerdings konnten manche Erscheinungen, wie z. B. die klimatischen Verhältnisse, die Finsternisse, Zeitgleichung und dergl. erst weit später in der Sprache der Wahrheit erörtert werden. Aber einmal pflegen wir bei ihnen ja immer die Sprache des Scheins, als die bequemere zu reden, anderntheils aber lag mir auch daran, den Leser dem Scheine so lange huldigen zu lassen, als dieser aushält, um ihm ein lebendiges Bewußtsein davon zu geben, welche Erscheinungen und Ueberlegungen erst uns unabweisbar die Lehre des Copernicus aufdrängen. Der vorgeschrittene

Leser wird ja auch ohne Schwierigkeit, wenn er will, die Sprache des Scheins in die der Wirklichkeit übersetzen.

Andere Materien, wie Landcharten, Kalender gehören allerdings nicht zu dem strengen System, und werden deshalb auch von vielen Schriftstellern gar nicht oder in einem Anhange gegeben. In einem Buche, das als Ganzes vorliegt, ist es aber ziemlich einerlei, ob eine solche Materie in einem Anhang oder als Episode auftritt, da es ja dem Leser frei steht, die Episode zu überspringen oder den Anhang an einem passenden Platze einzuschalten. Ich habe deshalb die Landcharten an der Stelle, wo sie naturgemäß an Vorhergehendes sich anschließen, den Kalender aber nach den Monderscheinungen, wo das Verständniß desselben gehörig vorbereitet ist, angefügt.

Daß das Buch nicht bestimmt sei, als Lehrbuch Schülern von 9 bis 14 Jahren in die Hände gegeben zu werden, wird jeder nach einem flüchtigen Blick schon an dem darin herrschenden Tone ersehen. Für solche möchte wohl überhaupt kein Lehrbuch am passendsten und das lebendige Wort des Lehrers unersetzbar sein. — Ich denke mir hauptsächlich Leser mit schon mehr ausgebildetem Verstand, aber ohne mathematische Kenntnisse, wie unter Andern unsere gebildeten Frauen, die aber wieder wissenschaftlichen Sinn genug haben, in der Astronomie nicht blos eine unterhaltende Romanlectüre*) zu suchen, wie sie u. A. Fontenelle gab.

---

*) Sehr beherzigenswerth sind in dieser Beziehung die Worte Mädlers in Schuhmachers Jahrb. 1840. S. 169—171.: Wenn die Astronomie sich die Erforschung der Bahnen und der diese bestimmenden Naturgesetze zum hauptsächlichen Ziel setzt, und der näheren physischen Beschaffenheit der einzelnen Globen nur eine untergeordnete Aufmerksamkeit widmen konnte, so betrachtete die Mehrheit des Publicums die Himmelskunde vorzugsweise aus dem letzteren Gesichtspunkte ..... und griff nach den unbedeutendsten Producten, sobald sie nur recht kühne und der Phantasie Nahrung gebende Meinungen über die Beschaffenheit und Bestimmung der Weltkörper, über ihre Bewohner und dergl. aufstellten, ja nach völlig unsinnigen rein lügenhaften Erzeugnissen. — Und gleichwohl ist der Grund dieser Wißbegier ein unverkennbar edler und großer; — — — Es gilt wahrlich nicht sie zu unterdrücken, nur sie richtig zu leiten. Es gilt vor Allem, gewisse sanguinische Erwartungen in diejenigen Grenzen zu verweisen, die die Natur unsern Forschungen unerbittlich gesteckt hat. — — Muß nicht bei jedem denkenden Menschen die Achtung vor einer Wissenschaft gefährdet werden, wenn diese ihnen alles Ernstes statistische Data über die Re-

Wer ein Lehrbuch in didaktischer Zurichtung haben will, mit den nöthigen Winken für Lehrer, wie sie die Veranschaulichungen, die Repetitionen und Prüfungen zweckmäßig anzustellen haben, nehme z. B. Diesterwegs Lehrbuch der math. Geogr. und pop. Himmelskunde zur Hand; worin der Verf. namentlich zeigt, daß die Aufeinanderfolge der Veranschaulichungsmittel: sinnliche Wahrnehmung in der Wirklichkeit, Beschreibung mit Worten, Modelle, zuletzt Zeichnen in der Ebene sein müsse und besonders von dem zu frühen Gebrauch der Modelle warnt. — Daß ein Buch, das besonders zum Selbststudium bestimmt ist, auch schon mehr geisteserstarkte Leser voraussetzt, diese pädagogische Vorschrift nicht in voller Strenge und Consequenz befolgen kann und auch wohl nicht zu befolgen braucht, liegt am Tage, doch habe ich dieselbe möglichst im Auge zu behalten gesucht.

Was das Bedenken des Recensenten im Helios anlangt, als sei die Sprache für ein populäres Buch noch zu sehr die der Wissenschaft, so wird jeder Sachverständige bald merken, daß ich eifrig bemüht war, alle sogenannte Gelehrsamkeit zu vermeiden und auch schwierigere Lehren in möglichst einfachem Gewande darzustellen. Aber bestimmt und scharf, wie die Sprache der Wissenschaft, muß auch die des populären Vortrags bleiben, soll der Leser die Möglichkeit behalten, sicher, wenn auch nicht ohne Nachdenken, den richtigen Sinn zu verstehen. Das Anschmiegen an die Begriffe des Laien und seine, in mathematischen Dingen oft so unsicher und unbestimmte, Ausdrucksweise möchte blos in den Fällen mit Vortheil geschehen können, wo man die speciellen Vorstellungen eines bestimmten Zuhörers genau kennt.

Was ferner die Beibehaltung griechischer und lateinischer Kunstausdrücke betrifft, so sind diese meist so eingebürgert, daß sie kaum noch als Fremdlinge gelten können. Viele lassen sich auch gar nicht hübsch und scharf übertragen. Man wird gewiß nicht wünschen z. B. statt: elliptisch etwa: „links und rechts gleich gebogen eilinig," oder gar „auslassend," statt Eklip-

---

gierungswechsel auf der Venus und die dabei stattfindenden Festlichkeiten, die verschiedenen Baustyle der Soleniten, die Veranlassung der Kriege auf dem Jupiter, die Handelsbeziehungen auf Saturn und ähnliche köstliche Dinge auftischt? Man überlasse dergleichen wenigstens den Romantikern, wenn diesen einmal auf ihrer mütterlichen Erde der Stoff ausgehen sollte . . .

tik: „Verfinsterungslinie," statt Theodolith aber blos ein Paar Gedankenstriche zu finden, da ich in der That nicht weiß, was dies Wort auf deutsch eigentlich heißt. Lernen ja doch unsere Frauen so viele französische Wörter, warum nicht auch ein Paar griechische und lateinische? — Wo aber deutsche Ausdrücke im Gebrauch sind, habe ich diese (meistens) wenigstens in Klammern beigefügt, und die Sacherklärung wohl immer gegeben. Sollte aber Jemand für die übrigen eine Uebersetzung, oder wenigstens die Etymologie zu kennen wünschen, so findet sich ja wohl unter dessen Bekannten ein der alten Sprachen Kundiger, der sie ihm erklären kann.

Um schließlich noch das Aeußere zu berühren, so ist der Druck größer und schärfer geworden, auch sind 6 Kupfertafeln neu hinzugekommen, u. A. statt der früheren Taf. 9 und 9b, die nur die nördlichen Sterne bis zum Aequator enthielt, eine noch über den Aequator, bis zu fast 40° südl. Declination, reichende, stereographische Polarprojection nebst einem entsprechenden Horizont mit Verticalkreisen — und ein Täfelchen (Taf. 18 und 18b) zur bequemen Uebertragung der Sternzeit in Sonnenzeit und umgekehrt. Trotz der Erweiterung in Text und Kupfertafeln aber ist der für die elegante Ausstattung gewiß billige Preis geblieben.

Marburg im Juni 1844.

Der Verfasser.

Uebersicht des Inhalts.

Seite

Einleitung. Fragmentarische Vorbegriffe aus der Geometrie.

Gegenstand der Geometrie. . . . . . 1— 3
Lagenverhältnisse: Winkel. Scheinbare und wahre Entfernung. Parallare. Parallellinien. Neigungswinkel. Theodolith. Mikrometer. . . . . 3—21
Gestaltverhältnisse: Dreieck. Quadrat. Kreis. Ellipse. Parabel. Hyperbel. Würfel. Kugel. Ellipsoid. Kegel. Aehnlichkeit. 21—29
Größenverhältnisse: Längen-, Flächen-, Körpermaß. . . . . 29—34

Das Wissenswürdigste aus der Himmelskunde und mathematischen Geographie.

Himmelsgewölbe: Sterne. Nordpol. Zenith und Nadir. Meridian. Mittagslinie. Windrose. Polhöhe. Höhe und Azimuth. Tägliche Bahnen der Sterne. Sonne und Mond. . 35—44
Gestalt der Erde: Ebene? Einwürfe dagegen. Die Erde ist eine Kugel. Einwurf dagegen. Einwurf beseitigt. . . . . 44—51
Größe des Himmels: Entfernung desselben. . . . . 51—54
Erklärung des Horizonts. . . . . . 54—56
Abbildung der Erde: Geographische Breite und Länge. . . . 56—67
Ausmessung der Erde: Gradmessung. . . . . 67—72
Abplattung der Erde. . . . . . 72—75
Landcharten: Stereographische, Central-, orthographische, Bonne's, Mercator's Projection. . . . . 75—84

Beschreibung des gestirnten Himmels.

Himmelsgloben. Sterncharten. Anweisung die Gestirne kennen zu lernen. Sternbilder. Lage der Sternbilder gegen den Horizont. . . . . 85—103
Beobachtungen der Sonne: Eigene Bewegung. Frühlingspunkt. Schiefe der Ekliptik. Die 12 Zeichen. Präcession. 103—108

Seite

Beleuchtungsverhältnisse. Tageslänge Auf- und Untergangspunkt. Mittagshöhe. Erdzonen. Dämmerung. . 108—127
Klimatische Verhältnisse. Jahreszeiten. Klima. Neben-, Gegenwohner, Antipoden. . . . . 127—133
Zeitmaße. Tage. Mittlere und wahre Sonnenzeit. Zeitgleichung. Jahre: siderisches, tropisches, anomalistisches. 133—144
Beobachtungen des Mondes: Mondbahn. Revolutionen. Entfernung des Mondes und der Sonne von uns. Culminationshöhe. Auf- und Untergang des Mondes. . . . . 144—157
Wahre Größe von Sonne und Mond. . . . . 157—159
Sonnen- und Mondfinsternisse. . . . . 159—172
Kalender. Bürgerliches Jahr. Schaltjahre. Gregorianischer, Julianischer Kalender. Osterfest. Epakten. Güldene Zahl. Sonnencirkel. Sonntagsbuchstabe. Indictionscirkel. Julianische Periode. . . . . 173—179
Planeten: Bahnen. Tychonisches Weltsystem. . . . . 179—191
Rotation der Erde. Beweise. Abplattung. Pendel-, Fallversuche. . . . . 191—200
Umlauf der Erde um die Sonne. Aberration. . . . 201—220
Wahres Sonnensystem. — Andere Weltsysteme. . . . 220—222
Kepler's Gesetze der Planetenbewegung. . . . . 222—225
Newton's allgemeine Schwere. . . . . 225—231
Störungen. Ebbe und Fluth. . . . . 231—240
Massen und Dichtigkeiten der Planeten. . . . . 240—243
Elemente der Planetenbahnen. . . . . 243—248

Beschreibung der einzelnen Himmelskörper.

Sonne. . . . . 248—250
Mercur. . . . . 250—251
Venus. . . . . 251—254
Erde. 254
Mond. . . . . 254—261
Mars. . . . . 261—262
Asteroiden. . . . . 262—263
Jupiter. . . . . 263—265
Saturn. . . . . 265—271
Uranus. . . . . 271—272
Kometen. . . . . 272—275
Fixsterne. . . . . 275—278
Nebelflecke. . . . . 278—279

Anmerk. Die Citate im Texte beziehen sich auf die Paragraphen.

Notiz für den Buchbinder.

Die Kupfertafeln **1** bis **8**, sowie **11** bis **17** und **19** bis **21** sind dem Buche anzuheften, doch ohne sie zu brechen und so, daß sie herausgeschlagen werden können. — Die Tafeln **9**, **9b**, **10** und **10b**, **18** und **18b** werden nicht mit gebunden.

Taf. **10** und **10b**. Nachdem **10b** ausgeschnitten ist, muß sie auf **10** so gelegt werden können, daß die Punkte Nord, Ost, Süd, West auf **10b** genau auf N, O, S und den Punkt des Aequators in **10** passen, der am äußersten Ende rechter Hand (der Taf. **10**) liegt. —

Die beiden Exemplare von **10b** sind, das eine links, das andere rechts, so abzuschneiden, daß sie ein fortlaufendes Ganze bilden, wenn sie an einander gelegt werden.

Damit sich die ausgeschnittene Taf. **10b** auf **10** so verschieben läßt, daß die Aequatorlinien auf beiden Tafeln immer aufeinander fallen, kann, blos oben und unten, an **10** ein Falz angebracht werden, wie bei einem Kästchen mit einschiebbarem Deckel.

(Statt die Taf. **10** und **10b** eben zu lassen, kann man auch — wenn es der Eigenthümer vorziehen sollte, — Taf. **10** auf die äußere Seite eines Cylinders ziehen, wo dann natürlich nur das Stück der Taf. **10** zwischen den beiden dickeren Linien 0_o benutzt wird. Die ebenfalls cylinderförmig gebogene Taf. **10b** muß sich dann auf diesem Cylinder leicht verschieben lassen, — wobei gleichfalls zu berücksichtigen ist, daß Taf. **10** die richtige Länge erhält, und die Aequatorlinien stets aufeinander hergleiten.)

Taf. **9** und **9b**. Die ausgeschnittene **9b** muß, wenn die beiden Punkte P (auf **9** und auf **9b**), etwa mittels einer Stecknadel auf einandergebracht sind, genau auf Taf. **9** passen.

Einleitung.

Fragmentarische Vorbegriffe aus der Geometrie.

Gegenstand der Geometrie.

Körper, Fläche, Linie, Punkt.

1.

Ein ringsum begrenztes Stück Raum heißt ein Körper, z. B. ein Buch, ein Stein, eine Kugel. Auf die Materie, woraus er besteht, kommt es in der Geometrie nicht an. Blos seine Gestalt, die Größe des Raums, den er einnimmt, und seine Lage gegen andere Körper wird da berücksichtigt. Er hat Länge, Breite und Dicke, die sogenannten 3 Dimensionen.

2.

Die Grenze eines Körpers und seiner nächsten Umgebung heißt die Oberfläche des Körpers. Ihr fehlt eine der 3 Dimensionen und man sagt, sie habe nur Länge und Breite. — Oft denkt man sich eine solche Oberfläche auch abgesondert, ohne den Körper, und nennt sie dann blos Fläche. Sichtbar stellt man solche, blos in Gedanken existirende, Flächen durch Körper dar, die in Vergleich zu Länge und Breite sehr dünn sind, z. B. durch ein Stück Papier oder Blech.

3.

Eine Fläche kann eben sein — eine Ebene — wie die Oberfläche eines ruhig stehenden Wassers, eines glatt gehobelten Brettes, eines Spiegels, oder gekrümmt, und zwar regelmäßig krumm, wie die Oberfläche einer Kugel, einer Wachskerze, oder ganz unregelmäßig, wie die eines Steinbrockens, eines zusammengeknitterten Stücks Papier.

4.

Hört eine Fläche irgendwo auf, so heißen ihre Grenzen Linien; denkt man sich diese Linien ohne die Fläche, so haben sie nur eine Dimension, Länge. — Bildlich stellt man Linien durch Körper dar, die in Vergleich ihrer Länge sehr schmal und dünn sind, z. B. durch einen Faden, einen Bleistift- oder Kreidestrich. Je feiner diese Fäden oder Striche sind, desto mehr nähern sie sich den wirklichen Linien.

5.

Eine Linie kann gerade sein (eine Gerade oder auch wohl schlechtweg Linie), wie eine aufgezogene Clavier- oder Guitarrensaite, oder gekrümmt, eine Curve, und zwar regelmäßig krumm, wie eine Kreislinie, oder unregelmäßig, wie ein verworrener Faden.

6.

Kann eine Curve auf eine Ebene gelegt werden, ohne daß ein Theil von ihr aus der Ebene hervortritt, so heißt sie eine ebene Curve, wie z. B. alle auf ein ebenes Papier oder Brett gezeichneten krummen Linien; wo nicht — eine Curve doppelter Krümmung, z. B. ein um ein Bleistift schraubenförmig gewundener Faden.

Jede gerade Linie läßt sich immer ganz in eine Ebene legen.

7.

Der Ort, wo eine Linie anfängt oder aufhört, heißt Punkt. Dieser hat weder Länge noch Breite noch Dicke. Versinnlicht wird er gewöhnlich durch einen Körper, der sehr geringe Ausdehnung in Länge, Breite und Dicke hat, z. B. durch einen feinen Tintenklex, einen Nadelstich oder eine Nadelspitze.

8.

Bewegt sich ein Punkt von einem Ort zu einem andern, so durchläuft, beschreibt er eine Linie; eine Linie beschreibt durch Ortsveränderung eine Fläche, eine Fläche endlich durchdringt, in Bewegung gesetzt, ein Stück Raum, einen Körper. (Als Beispiel: Flintenkugel; angespannter Faden, mit dem die Seifenstücke zerschnitten werden; eine Messerklinge platt in eine weiche Substanz, z. B. Butter, gedrückt, verdrängt diese; die Vertiefung ist als ein begrenztes, hier mit Luft erfülltes, Raumstück ein Körper.)

9.

Eine begrenzte Ebene kann man in Gedanken nach allen Richtungen so weit erweitert denken, als man will, wie wenn man z. B. an einen Tisch noch einen andern anrückt, so daß die Ebene der Tischplatte erweitert wird. Auch eine gerade Linie kann man in Gedanken nach beiden Seiten beliebig weit verlängern. — Wir werden das, wenn es geschehen soll, durch eine Pfeilspitze andeuten. (Fig. 1.)

10.

Die Geometrie beschäftigt sich nun mit der Vergleichung der gegenseitigen Lage, Gestalt und Größe der Körper, Flächen, Linien und Punkte.

Lagenverhältnisse.

Linien und Linien.

11.

Denkt man sich irgendwo im Raum einen Punkt a (Fig. 2), so kann man von ihm aus unzählige gerade Linien ausstrahlen lassen, die alle nach andern und andern Richtungen gehen. Soll aber eine gerade Linie außer durch jenen ersten Punkt a auch noch durch einen andern fest und bestimmt gedachten Punkt b gehen, so ist die Lage dieser Geraden völlig bestimmt.

Zwei Punkte einer Geraden setzen also die Lage derselben fest, nicht aber die einer bestimmten Curve. — Man halte ein krummgebogenes Stück Draht zwischen 2 Fingern, so kann man ihm noch unzählige verschiedene Lagen geben, ohne die beiden Endpunkte zwischen den Fingerspitzen zu verrücken.

Zwei sich durchschneidende Linien.

12.

Betrachten wir zwei von einem Punkte ausstrahlende Linien (Fig. 2), so haben diese eine ganz bestimmte gegenseitige Lage zu einander. Indessen ist diese von der zweier anderer von einem Punkte ausstrahlender Geraden oft noch sehr unterschieden. Zur gehörigen Unterscheidung dieser Verschiedenheit der gegenseitigen Lagen solcher Linienpaare zu einander dienen nun folgende Betrachtungen.

Winkel.

13.

Denken wir uns in einer Ebene von einem Punkte a (Fig. 3) ausgehend zwei Gerade ab und ac zuerst nach derselben Richtung laufend, also zusammenfallend. — Die eine, z. B. ac, sei unbeweglich, die andere aber in der Ebene verschiebbar, jedoch so, daß ihr Endpunkt a immer an seiner Stelle bleibt. Die ab kann dann unzählige verschiedene Stellungen annehmen, von denen in Fig. 3 einige gezeichnet sind, z. B. ab^1, ab^2, ab^3, ab^4 ꝛc. Alle möglichen Stellungen aber werden von der beweglichen ab durchlaufen, wenn man sie aus der Anfangslage ac durch die Stellungen ab^1, ab^2, ab^3 ꝛc. bis wieder zur ursprünglichen Lage zurückdreht. — Würde man mit dieser Drehung noch weiter fortfahren, so würden sich nur die früheren Stellungen wiederholen.

14.

Vergleicht man aber diese verschiedenen Lagen unter sich und mit der Anfangslage, so wird man leicht erkennen, daß man z. B. um die ab aus ihrer ursprünglichen Stellung nach der Richtung des Pfeils in die Lage ab^5 zu bringen, weiter drehen mußte, als sie in die Lage ab^4 oder ab^3 zu versetzen, weniger weit aber, als wenn man ihr z. B. die Stellung ab^7 geben wollte.

15.

Diese Weite der Drehung einer Linie aus einer Anfangsstellung in eine neue nennt man Winkel, und in diesem Sinne sagt man: der Winkel, den ac und ab^5 miteinander bilden, ist größer als der, den ac und ab^3 machen, kleiner aber als der Winkel der Linie ac und ab^7.

16.

Um die Größe zweier Winkel oder Drehungsweiten genau miteinander zu vergleichen, denke man sich in der ab (Fig. 4) beliebig Punkte (Knoten in einem Faden) m, n, o, p. Jeder derselben beschreibt beim Umdrehen der ab um a eine Kreislinie, die in dem Augenblick geschlossen sein wird, in dem die ab nach einem Umlauf wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt ist.

Ist aber die Linie ab bei ihrer Drehung erst so weit gekommen, daß sie, wie z. B. in der Lage ab^3, nur den 8ten Theil ihres Umlaufs vollendet hat, so wird auch der Punkt p in ihr den 8ten Theil pp^3 seines Weges (der Kreislinie $p\,p^3\,p^5\,p^7 \ldots p$) — eben so der Punkt o den 8ten Theil seines Weges (der Kreislinie $o\,o^3 \ldots o$) zurückgelegt haben. Gleiches gilt auch von den Punkten m n und überhaupt von jedem Punkte, den man in ab annehmen will.

17.

Man kann daher die Drehungsweite der Linie ab^3 von ac aus nach dem Wege beurtheilen, den ein Punkt in ab zurückgelegt hat; denkt man sich also die Länge jeder der Kreislinien in gleichviele gleiche Theile getheilt, z. B. wie gewöhnlich geschieht, in 360, nennt die Länge eines jeden solchen Theils einen Grad — wobei natürlich ein Grad einer längern Kreislinie auch länger ist, als der einer kürzern — so wird bei einer bestimmten Lage der ab, z. B. ab^3, jeder Punkt in ihr gleichviele Grade, d. h. 360stel seines ganzen Weges, durchlaufen haben.

18.

Haben nun die Punkte m, n, o, p... in der Lage ab^3 der ab z. B. 45 Grade zurückgelegt, so sagt man auch, der Winkel, den ac und ab^3 bilden, betrage 45 Grade. Um die Drehungsweite, oder den Winkel noch genauer angeben zu können, theilt man einen Grad noch in 60 gleiche Theile, Minuten, eine Minute in 60 Secunden, die

Secunde aber wohl noch in 10 Zehntelsecunden, eine Zehntelsecunde in 10 Hundertelsecunden u. s. f.

Das Zeichen für Grade ist eine oben an die Zahl geschriebene kleine 0, für Minuten hat man einen, für Secunden 2 Striche gewählt. Z. B. 12 Grade und 17 Minuten und 20 Secunden wird geschrieben: $12^0\ 17'\ 20''$.

Diese Bogen- oder Winkel-Minuten und Secunden sind als Theile einer Kreislinie daher wohl von den Zeit-Minuten und Secunden zu unterscheiden.

19.

Die beiden Linien, die den Winkel bilden, nennt man die Schenkel desselben, den Punkt, in dem sie zusammentreffen oder von dem sie ausgehen, den Scheitel. Statt die Schenkel desselben einzeln zu nennen, bezeichnet man einen Winkel durch 3 Buchstaben, wovon man einen an den Scheitel, 2 andere, je einen an einen beliebigen Punkt des einen und andern Schenkels schreibt, und beim Lesen den Buchstaben am Scheitel immer in die Mitte nimmt; (Fig. 5) z. B. ist bac der Winkel, den ab und ac bilden. — Statt dessen benennt man ihn auch wohl mit einem Buchstaben, den man nahe an den Scheitel zwischen die Schenkel geschrieben: so z. B. den Winkel bac blos x.

20.

Nach dem Vorhergehenden ist es einerlei, ob man von einem Winkel, oder dem, zwischen seinen Schenkeln liegenden, Bogen eines beliebigen Kreises spricht, den man vom Scheitel aus gezogen. Nur ist das eine oder das andere oft bequemer und natürlicher. Ist z. B. blos der Scheitel und der Bogen gezeichnet, so spricht man vom Bogen, und kann sich die Schenkel, als die geraden Linien, die durch die Endpunkte des Bogens und den Scheitel der Lage nach bestimmt sind, hinzudenken. — Wären aber die Schenkel gezeichnet und kein Bogen dazwischen, so spricht man vom Winkel, — denn beide enthalten dieselbe Anzahl von Graden. — Käme es freilich auf die Länge eines Bogens an — so wären die beiden Wörter Bogen und Winkel nicht mehr gleichbedeutend.

Transporteur.

21.

Um sich also von der Größe eines vorgegebenen Winkels b a b^7 einen bestimmten Begriff zu machen, braucht man nur in ab (Fig. 4) einen beliebigen Punkt, z. B. m, anzunehmen, den Weg dieses Punktes zu zeichnen, d. h. mit der Zirkeleröffnung am aus a als Mittelpunkt einen Kreis zu beschreiben, diesen in 360 Grade, jeden Grad in 60 Minuten u. s. f. zu theilen und zu zählen, wieviel Grade, Minuten und Secunden der Bogen m m^7 enthält.

22.

Das wäre nun freilich eine sehr beschwerliche Arbeit. Da aber glücklicherweise die Größe des zu zeichnenden Kreises ganz gleichgültig

ist, so bedient man sich dazu eines Kreises oder auch wohl nur Halbkreises (Fig. 6), den der Mechanikus ein für allemal mit aller Sorgfalt eingetheilt hat. — Dieses Instrument heißt Transporteur.

23.

Will man damit z. B. die Anzahl der Grade des Winkels bac (Fig. 5) finden, so legt man den Mittelpunkt des Transporteurs, a, auf den Scheitel a, und die Linie ac auf ac; dann wird der Schenkel ab, den man nöthigenfalls weit genug verlängern wird, unter dem getheilten Rande des Transporteurs hergehen und mit einem der Theilstriche desselben zusammenfallen, so daß man dann die Anzahl der Grade 2c. 2c. unmittelbar ablesen kann.

24.

Sollte man umgekehrt einen Winkel von 23° zeichnen, so ziehe man sich eine Gerade, lege darauf, längs ihr, die ac des Transporteurs, bezeichne den Ort von a auf dem Papier, so wie den des Theilstrichs 23° dicht am Rande des Transporteurs mit der Bleistiftspitze, nehme dann das Instrument weg, und ziehe durch a und den bemerkten Punkt des 23° eine Linie.

25.

Je größer der Kreis des Transporteurs ist, desto deutlicher können die einzelnen Theile eines Grades noch darauf unterschieden werden. — Bei den gewöhnlichen muß man sich damit begnügen, halbe Grade — höchstens Viertelgrade angegeben zu finden. Zeichnet man fein genug, so kann man wohl durch Schätzung noch kleinere Theile eines Grades angeben. Zur Uebung messe man die Winkel zweier beliebiger Linien in den verschiedenen Figuren und trage Winkel auf von 5°, $23^1/_2$°, 30°, 40°, 51°, 90°, 120°, 135°, 180°, 260°, 270°, 310° 2c.

26.

Ein Winkel von 90° heißt ein Rechter. Bei ihm stehen, sagt man, die beiden Schenkel senkrecht, perpendicular auf einander, der eine ist ein Perpendikel, eine Senkrechte zum andern. — Um einen solchen rechten Winkel, der sehr häufig vorkommt, bequem zeichnen zu können, bedient man sich eines dreieckigen Brettchens (Fig. 7), dessen Kanten AB und AC senkrecht zu einander stehen, in Ermangelung eines solchen auch wohl der Schale eines neu eingebundenen Buchs. Ein Winkel von 180° enthält 2 Rechte, bei ihm liegen die beiden Schenkel in einer und derselben Geraden.

Ein Winkel, der weniger Grade enthält als 90, ist ein spitzer; faßt er mehr als 90°, aber weniger als 180°, so heißt er stumpf, sowie ein Winkel zwischen 180° und 360° erhaben, z. B. Fig. 3 cab[10], wenn man die Drehung in der Richtung des Pfeils vor sich gegangen denkt. Die Linie ab (Fig. 3) bildet also mit ac in ihrer

Anfangslage einen Winkel von 0°, bei fernerer Drehung zuerst lauter spitze, immer größer werdende, Winkel, darauf einen Rechten, dann stumpfe Winkel, die immer größer werden bis zu dem von 2 Rechten oder von 180°, darauf erhabene, bis sie endlich nach Durchlaufung von 360° in ihrer Anfangslage wieder angekommen ist.

Scheinbare und wahre Entfernung.

27.

Sieht man nach 2 Punkten in der Natur, z. B. einer Kirchthurmspitze und dem Schornstein eines entfernten Hauses, oder nach 2 Sternen, so kann man von seinem Auge, als Scheitel, durch diese beiden Punkte 2 Linien gezogen denken, und nach dem Winkel fragen, den diese beiden Linien miteinander bilden. — Man nennt diesen Winkel den Gesichtswinkel der beiden Punkte, oder ihre scheinbare Entfernung, in Graden gemessen.

28.

Die wirkliche Entfernung der Gegenstände, d. h. der gerade Weg von einem zum andern kann hieraus allein ganz und gar nicht beurtheilt werden. — So haben z. B. (Fig. 8) die Punkte P und p, P und q, p und r, p und s sehr verschiedene wirkliche Entfernungen, dagegen alle dieselbe scheinbare Entfernung, nämlich den Winkel Pop für das Auge o; während in Fig. 9 P und p, P und q, P und r, P und s dieselbe wirkliche Entfernung haben, aber unter ganz verschiedenen Gesichtswinkeln Pop, Poq, Por, Pos erscheinen.

29.

Werden die beiden vom Auge ausgehenden Gesichtslinien nach 2 entgegengesetzten Rändern eines Gegenstandes, z. B. eines Hauses, gezogen, — so nennt man den Winkel, den sie bilden, die scheinbare Breite, den scheinbaren Durchmesser, dieses Hauses. Auch diese scheinbare Breite läßt uns, allein, über die wirkliche Breite ganz ungewiß; so haben wieder (Fig. 10) die beiden Steine gleiche scheinbare Größe, obgleich ihre wirkliche Größe sehr verschieden ist, und die beiden gleichen Linien (Fig. 11) erscheinen von o aus unter ganz verschiedenen Gesichtswinkeln oder scheinbaren Größen.

Wie man diese Gesichtswinkel genau in Graden ꝛc. messen könne, darüber s. 65 bis 77.

Scheinbarer und wahrer Ort, Parallaxe.

30.

Die Stelle im Raume, wo sich ein Gegenstand befindet, heißt dessen wahrer Ort. Befindet sich, von unserm Auge o aus gesehen, hinter dem Gegenstand G (Fig. 12) in einiger Entfernung eine Fläche,

so wird der Gegenstand unserm Auge eine Stelle g jener Fläche verdecken; dieser Platz in der Fläche heißt der scheinbare Ort jenes Gegenstandes.

31.

Bleibt das Auge ruhig, verändert aber G seinen wahren Ort, so kann dadurch der scheinbare Ort mit geändert werden oder auch an derselben Stelle bleiben. Letzteres wird nur dann eintreten, wenn G in der Gesichtslinie o g unserm Auge näher kommt, oder sich davon entfernt. — Bewegt sich G aber nach einer andern Richtung, nach G', so wird immer auch der scheinbare Ort (nach g') sich verrücken.

Umgekehrt aber kann auch G an seinem wahren Orte bleiben, unser Auge aber seine Stelle nach o' verändern. Dadurch wird auch der scheinbare Ort von g sich nach g'' fortbewegen. Entfernt sich aber das Auge von G oder nähert es sich ihm in der Richtung der Gesichtslinie, so bleibt der scheinbare Ort derselbe, während jede Bewegung des Auges nach einer andern Richtung eine Veränderung des scheinbaren Orts nach sich zieht. — Diese Verrückung des scheinbaren Orts, hervorgebracht durch eine Veränderung des Standpunktes unseres Auges, heißt mit einem griechischen Wort Parallaxe. —

Wie könnten sich wohl Auge und Gegenstand zugleich bewegen und doch der scheinbare Ort derselbe bleiben? G, G''; o o'.

Ich würde meinen Lesern rathen; sich von der Wahrheit dieser Erscheinungen recht zu überzeugen und sie sich geläufig zu machen. Gelegenheit dazu finden sie auf jedem Spaziergang in unerschöpflicher Menge. Aber auch im Zimmer können sie diese Versuche anstellen. Ein Buch zwischen das Auge — ein Auge muß geschlossen werden — und eine Wand gehalten zeigt alle diese Erscheinungen sehr deutlich.

32.

Noch auf eine andere Weise aber kann ein Gegenstand recht wohl seinen Ort verändern, während er unserm Auge doch fest zu stehen scheint. — Ist eine Linie ab (Fig. 13), die senkrecht zu der Gesichtslinie nach ihrer Mitte steht, etwa 5000 mal so weit vom Auge o entfernt, als sie lang ist, so daß sie unter einem Gesichtswinkel erscheint, der noch kleiner als eine Minute ist, — so hat sie gar keine scheinbare Länge mehr; ihre beiden Endpunkte lassen sich von der Mitte nicht mehr unterscheiden. — Es könnte sich also ein Licht z. B. von a nach b bewegen und doch würde es für ein Auge in o unbeweglich zu sein scheinen. —

33.

Aus allem diesen sehen wir, wie die scheinbare Größe, die scheinbare Bewegung oder Ruhe allein über die Wirklichkeit uns keinen Aufschluß giebt, und daß hier das Urtheil nach dem Schein, wie in unzähligen andern Fällen, oft sehr unrichtig sein kann.

Scheitelwinkel.

34.

Durchschneiden sich 2 Linien (Fig. 14), so entstehen um den Durchschnittspunkt herum zunächst vier Winkel, von denen je 2 einander gleich sind, a gleich a und b gleich b. — Ein Paar solcher gleicher Winkel heißen Scheitelwinkel.

Zwei Gerade, die sich nicht treffen.

35.

Bisher haben wir nur den Fall betrachtet, wo 2 Gerade einen Punkt gemeinschaftlich hatten, also einen Winkel bildeten. — Es können aber 2 gerade Linien auch so liegen, daß sie sich, auch noch so weit verlängert, niemals treffen, — wie z. B. das Seil und die Balancirstange eines Seiltänzers, — die Kante einer Tischplatte und die Kante eines seiner Füße.

Parallelismus.

36.

Liegen 2 Linien aber in einer und derselben Ebene, oder so, daß man sie ohne ihre gegenseitige Lage zu verrücken in eine Ebene legen könnte, und treffen sie sich dann, auch noch so weit verlängert, nicht, so heißen sie parallel.

Werden 2 solche parallele Linien, z. B. ab, cd (Fig. 15), von einer dritten ef durchschnitten, so liegen um jeden der 2 Durchschnittspunkte g und h vier Winkel. Diese 8 Winkel haben aber nur zweierlei Größe, indem alle hier mit gleichen Buchstaben bezeichneten Winkel auch gleich sind.

Um parallele Linien zu zeichnen, dient daher sehr bequem das dreieckige Brettchen (Fig. 7). Soll nämlich mit der ab (Fig. 16) eine Parallele gezogen werden, so lege man das Brettchen mit AB an ab, ein gewöhnliches Lineal LJ an die Kante AC, halte das Lineal fest und verschiebe das Dreieck daran, z. B. in die Lage A′B′C′; zieht man nun an der Kante A′B′ eine Linie her, so ist diese mit ab parallel; — das Lineal vertritt die Stelle der dritten schneidenden ef (Fig. 15) und der Winkel BAC ist dann gleich B′A′C′. — Dieser Winkel brauchte indessen zu diesem Zwecke gerade kein Rechter zu sein, es kommt nur darauf an, daß BAC und B′A′C′ einander gleich bleiben.

Ebenen.

37.

Denkt man sich irgendwo im Raume einen Punkt, so kann man durch diesen unzählige Ebenen legen, oder einer Ebene unzählige Stellungen geben, ohne daß dadurch jener Punkt außerhalb derselben zu liegen käme. Man halte z. B. ein ebenes Stück Blech auf eine Nadelspitze.

38.

Legt man dieses auf 2 Nadelspitzen — eine Ebene durch 2 Punkte — so ist seine Lage zwar schon bestimmter, aber doch noch nicht völlig bestimmt. Es kann dann noch alle die Lagen annehmen, die eine Thüre beim Oeffnen, oder eine Wetterfahne durchläuft; es kann um die gerade Linie, die zwischen den beiden Nadelspitzen liegt, wie um eine Axe rings herumgedreht werden.

39.

Soll aber die Ebene auch noch durch einen dritten Punkt, der nicht in der Richtung jener Axe liegt, gehen, so giebt es nur eine bestimmte Lage, in der sie diese Bedingung erfüllt. Das Stück Blech, wenn es auf 3 Nadelspitzen ruht, liegt fest. Ein dreibeiniger Tisch steht auch auf unebenem Boden sicher.

Drei Punkte, die nicht alle in derselben Richtung liegen, bestimmen also die Lage einer Ebene. Statt dieser 3 Punkte auch eine Gerade, als Axe, nebst einem außerhalb befindlichen Punkte, oder 2 sich durchschneidende Gerade. Bei diesen ist der Durchschnittspunkt der erste; ein beliebiger Punkt in der einen Geraden vertritt die Stelle des zweiten und ein beliebiger Punkt der anderen Geraden die des dritten Punktes; — oder endlich 2 parallele Linien (36.)

40.

Wären vier Punkte gegeben, durch welche eine Ebene gehen sollte, so bestimmen 3 davon schon die Lage derselben. Der vierte liegt dann entweder auch in der Ebene und war dann zur Bestimmung der Lage derselben überflüssig, oder er liegt außerhalb, dann ist's unmöglich, der Forderung Genüge zu leisten. Darum steht auch ein vierbeiniger Tisch nicht überall fest.

Ebenen und Linien. Neigungswinkel.

41.

Eine Ebene und eine Gerade treffen sich entweder nie, auch wenn die Ebene noch so sehr erweitert und die Linie bis in's Unbegrenzte verlängert würde; dann ist die Linie der Ebene parallel, z. B. die Kante einer Tischplatte und der Fußboden; — oder die Linie, wenn auch erst gehörig verlängert, schneidet, durchdringt die nöthigenfalls erweiterte Ebene in einem Punkte a (Fig. 17).

42.

Liegen in diesem letzteren Falle die Ebene MN und die Linie ab (Fig. 17) so zu einander, daß jede in der Ebene von a aus gezogene Gerade ac, ad, ae... mit der ab einen rechten Winkel macht, so sagt man, ab stehe senkrecht zur Ebene. — Bindet man einen Schlüssel an einen Faden und läßt ersteren in ein Becken mit Wasser herabhän-

gen, so steht der Faden senkrecht zur Oberfläche des Wassers; eben so steht ein Fuß eines Tisches zu dessen Platte senkrecht.

Nimmt man 2 Linien, ab und ac (Fig. 17), die fest unter einem rechten Winkel mit einander verbunden sind, und dreht die eine, ac, um die unverrückbare ab, als Axe, herum, so durchläuft erstere eine Ebene, die zu der Axe ab senkrecht steht.

43.

Ist die Linie ca (Fig. 18) nicht senkrecht zur Ebene MN, so ist sie gegen diese geneigt. Um das Mehr oder Weniger dieser Abweichung von der senkrechten Lage oder der Hinneigung zur Ebene zu bestimmen, denkt man sich eine Linie ba durch a gehend und senkrecht zur Ebene, ferner eine zweite Ebene durch ba und ca *), welche die erste Ebene in einer graden, von a ausgehenden Linie, am, durchschneiden wird. Der Winkel cam, den die ursprünglich geneigte Linie ca mit der letzten Durchschnittslinie am macht, heißt dann der Neigungswinkel der ca gegen die Ebene.

Zieht man in der Ebene MN noch andere Linien durch a, so bildet von diesen jede mit ca einen Winkel. — Diese sind aber alle größer als cam. Der Neigungswinkel ist also der kleinste von allen den Winkeln, die ca mit Linien der Ebene, die durch a gehen, bildet.

Ebenen und Ebenen. Neigungswinkel.

44.

Zwei Ebenen können so zu einander liegen, daß sie, auch in's Unbegrenzte erweitert, sich doch nie treffen würden; dann sind sie parallel, z. B. die Decke und der Fußboden eines Zimmers.

Sind die Ebenen aber nicht parallel, so werden sie, nöthigenfalls genugsam erweitert, sich treffen, und zwar in einer geraden Durchschnittslinie.

45.

Wenn zwei parallele Ebenen von einer dritten durchschnitten werden, so sind die beiden entstehenden Durchschnittslinien einander parallel.

46.

Da die Lage zweier sich schneidender Ebenen von der Lage zweier anderer sich schneidender Ebenen noch sehr verschieden sein kann, so müssen wir uns wieder nach Mitteln umsehen, diesen Unterschied bestimmt und genau aufzufassen.

Zu dem Ende denken wir uns von 2 Ebenen, MN und QP (Fig. 19), die sich in der geraden Linie xy durchschneiden, die eine,

---

*) Man denke sich diese Ebene um ba als Axe so lang herumgedreht, bis die ca in sie fällt.

z. B. MN, einmal unbeweglich, die QP aber um xy als Axe drehbar. Wir legen nun die QP zuerst auf MN, so daß sie mit dieser ganz zusammenfällt, und ziehen von einem beliebigen Punkte u der xy in beiden Ebenen 2 Linien uw, uw' senkrecht zu xy, die in dieser Lage der QP und MN auch noch zusammenfallen. — Dreht man aber QP, so gehen diese beiden Linien auseinander, und die in QP gezogene uw' beschreibt eine zu xy senkrechte Ebene (42), während sie zugleich mit der festen uw immer andere und andere Winkel bildet, die in demselben Maße größer werden, als man die QP weiter um xy herumdreht. — Hat QP z. B. den zehnten Theil seines ganzen Umlaufs vollendet, so wird auch der Winkel wuw' 36^0 enthalten.

Die Drehungsweite der QP von MN, oder den Neigungswinkel der zwei Ebenen kann man daher nach dem Winkel zweier Linien beurtheilen, die von demselben Punkt der Durchschnittslinie ausstrahlen, und von denen je eine in je einer der Ebenen liegt und zugleich senkrecht zu der Durchschnittslinie steht.

Zwei Ebenen, senkrecht zu einander.

47.

Ist dabei Winkel wuw' 90^0 groß, d. h. hat QP den vierten Theil seines Umlaufs vollendet, so stehen QP und MN senkrecht zu einander, z. B. der Fußboden und die Wände eines Zimmers.

Legt man eine Ebene bam längs einer Linie ab (Fig. 18), die auf einer Ebene MN senkrecht steht, — d. h. so, daß die ab in erstere Ebene fällt — so steht diese erstere Ebene in jeder Lage, die man ihr durch Umdrehung um ab als Axe geben kann, auf der zweiten Ebene MN senkrecht.

Vertical, horizontal.

48.

Wenn eine Ebene der Oberfläche eines darunter gedachten ruhig stehenden Wassers parallel ist, oder wenn sie senkrecht ist zu einer Linie, welche durch einen ruhig hängenden Faden, der unten etwas Schweres, z. B. eine Bleikugel, trägt, dargestellt wird, so nennt man sie horizontal. Die auf einer horizontalen Ebene senkrechte Linie heißt eine Verticallinie oder Falllinie, weil sie die Richtung angiebt, in der ein schwerer Körper auf den Boden fallen würde. — Eine Ebene längs einer Verticallinie gelegt, steht also in jeder Lage, die sie durch Umdrehung um die Verticallinie als Axe annehmen kann, auf der Horizontalebene senkrecht, und heißt eine Verticalebene. — Man unterscheide wohl senkrecht und vertical; zwei Linien, Ebenen, oder eine Linie und Ebene können in unzählig verschiedenen Fällen senkrecht zu einander sein, ohne daß eine derselben vertical steht.

Horizontalprojectionen.

49.

Sind in der Natur 2 Punkte bezeichnet, z. B. ein Thurmknopf und ein Meilenstein an einer Chaussee, so können wir durch den Ort unseres Auges eine Verticallinie gezogen und um diese, als Axe, eine Verticalebene drehbar denken. Diese können wir einmal so stellen, daß sie, erweitert, durch den Thurmknopf hindurchgeht, da habe sie (Fig. 20) die Lage dcb; — darauf so, daß sie durch den Meilenstein geht, da habe sie die Lage dca. Diese beiden Lagen der Verticalebene machen einen Neigungswinkel mit einander, der eben so viele Grade mißt, als der Winkel bca der beiden Durchschnittslinien der Verticalebene mit der Horizontalebene. (Vergl. Fig. 19, bca entspricht dort wuw'.) Die 2 Punkte, Knopf und Stein, liegen also für den bestimmten Ort der cd in 2 Verticalebenen, deren Neigungswinkel durch den Linienwinkel bca gemessen wird. Erweiterten wir auch die Horizontalebene gehörig, und dächten uns zu ihr 2 Senkrechte (Verticallinien), die durch den Knopf und Stein gingen, so würden diese die Horizontalebene in 2 Punkten, x, y, treffen, die in der Verlängerung der cb und ca lägen. — Diese Auftrittspunkte der beiden senkrechten nennt man die Projectionen der beiden Punkte auf die Horizontalebene.

Der Winkel bca giebt also den Winkel der Horizontalprojectionen der beiden Punkte, oder, wie man auch sagt, den auf den Horizont projicirten Winkel derselben für den bestimmten Ort der cd an.

Werkzeuge zum Winkelmessen.

50.

Nachdem wir uns mit dem Vorhergehenden recht vertraut gemacht haben, wird es uns nicht schwer werden, die Einrichtung und den Gebrauch einiger Instrumente kennen zu lernen, die dazu dienen, Winkel zweier Linien, zweier Ebenen, oder einer Ebene und Linie zu messen.

Eines der einfachsten haben wir (22) schon in dem Transporteur kennen gelernt. Indessen kann man mit diesem in seiner einfachsten beschriebenen Gestalt nur Winkel zweier Linien messen, die in einer wirklichen, nicht blos gedachten, Ebene wirklich gezeichnet sind. Um aber Winkel, wie sie (27) erwähnt wurden, so wie Neigungswinkel von Ebenen und Ebenen, oder Linien und Ebenen messen zu können, müßte derselbe doch noch mit einigen besondern Vorrichtungen versehen sein.

Theodolith.

51.

Unter den vielen, zu verschiedenen Hauptzwecken auf die verschiedenste Art eingerichteten Instrumenten wollen wir nur eines der wichtigsten kennen lernen, das den Namen Theodolith führt. Ein sehr vereinfachtes Modell davon stellt die Fig. 21 dar.

52.

Der Theodolith dient zunächst, den Winkel der Horizontalprojectionen zweier Punkte zu messen (49); er muß also als Haupttheile eine eingetheilte Horizontalebene und eine drehbare Verticalebene enthalten, hat aber zur Erreichung noch einiger anderer Zwecke folgende Einrichtung erhalten:

Die vom Mittelpunkte m aus auf der Scheibe LL gezogenen Kreise 0, 10, 20... sind in 360 Grade, und je nachdem es der Raum gestattet, auch noch in halbe und Viertelsgrade oder Minuten getheilt. Die Scheibe selbst ruht auf den 3 Schrauben a, b, c und kann mit Hülfe der Setzwage (Fig. 22) horizontal gestellt werden.

53.

Die Setzwage ist ein Brettchen, auf welchem die Linie zd senkrecht zur Kante xy gezogen ist. Bringt man die zd in verticale Lage, so muß xy in einer horizontalen Ebene liegen. Zu dem Ende ist in z ein Faden mit einem bei d hängenden Bleikügelchen befestigt, der in der Ruhe immer vertical hängt. Hält man dann die Setzwage so, daß der Strich zd mit dem Faden zusammenfällt, so steht zd vertical, also xy horizontal.

54.

Um nun die ganze Ebene der Scheibe LL (Fig. 21 und 23) — des sogenannten Theodolithenlimbus — horizontal zu stellen, setzt man die Setzwage mit xy auf die Linie ac zwischen 2 Schrauben, und dreht so lange an der einen oder der andern, bis die Linie zd mit dem Faden zusammenfällt, wodurch xy, mithin auch ac horizontal zu stehen kommt. Nun kann die Ebene des Limbus noch durch Erhöhung oder Vertiefung des Punktes b mittelst Umdrehung der Schraube b, — um ac, oder eigentlich um die Linie, die durch die 2 Schraubenspitzen a und c geht, als um eine Axe gedreht werden. Stellt man nun die xy der Setzwage auf die Linie br (Fig. 23) des Limbus, die ungefähr senkrecht zu ac ist, und stellt auch br horizontal, so wird, falls nach horizontal gestellter ac die beiden Schraubenspitzen von a und c zufällig gleich tief unter der Limbusebene gestanden hatten, d. h. falls die durch die Schraubenspitzen a c gehende Linie der ac parallel, mithin auch schon horizontal gewesen war, die ganze Limbusebene horizontal stehen. War dies aber nicht genau der Fall, so hat sich durch Erhebung oder Senkung der Schraube b die früher horizontale ac wieder etwas verstellt, aber durch Wiederholung der zwei Operationen, Horizontalstellung von ac und br, wird man es leicht dahin bringen, daß beide zugleich horizontal stehen, wodurch die ganze Ebene des Limbus auch in die horizontale Lage kommt.

55.

Um nun die auf der Horizontalebene L verschiebbare Verticalebene zu erhalten, liegt zunächst auf dem Limbus das Brettchen AA,

die sogenannte Alhidade, die sich um einen in der Mitte von LL vertical stehenden Zapfen m herumdrehen läßt. Die Alhidade trägt die 2 fest mit ihr verbundenen verticalen Stützen S S, auf denen in zwei gleich hoch über AA stehenden Lagern der Balken xx ruht, welcher der Limbusebene parallel ist, also mit ihr zugleich horizontal wird, und als Axe des senkrecht auf ihm in seiner Mitte befestigten Stabes f f' dient. In der Richtung dieses Stabes ist eine Visirlinie dadurch markirt, daß am einen Ende f ein Blechblättchen mit einer feinen Oeffnung, am entgegengesetzten ein spitzer Stift f' angebracht ist, so daß, wenn man das Auge vor die Oeffnung f bringt, man die Spitze f' auf irgend einen ganz bestimmten Punkt in der Natur zeigend erblickt, wodurch Auge, Oeffnung f, Spitze f' und der Punkt in gerade Linie zu liegen kommen. — Diese Visirlinie wird von der vertical gedachten durch m gehenden Linie mz im Punkte q durchschnitten, sobald LL horizontal steht.

56.

Wird dann bei feststehender Alhidade der Stab f f', mithin auch die mit ihm fest verbundene Visirlinie vv' um die horizontal stehende, in den Lagern l drehbare Axe xx' herumbewegt, so beschreibt vv' eine Verticalebene, die durch den Mittelpunkt des Limbus m geht. Bleibt bei dieser Drehung der vv' das Auge immer vor der Oeffnung f des Bleches, so erblickt es nach und nach unzählige Punkte in der Natur, die alle in der bestimmten von vv'' durchlaufenen Verticalebene liegen.

57.

Zwei Punkte am Rande der Alhidade, die in der Verticalebene liegen, i i, sind mit feinen Spitzen versehen, die als Zeiger über dem eingetheilten Kreise des Limbus bei Verschiebung der Alhidade herstreichen; die Verbindungslinie i i derselben, die durch m geht, stellt also die Durchschnittslinie der von vv' durchlaufenen Verticalebene mit der Horizontalebene dar.

58.

Will man also z. B. den Gesichtswinkel der Horizontalprojectionen des Thurmknopfes und Steins (Fig. 20) messen, so dreht man die Alhidade um m und die Linie v v' um x x so lange, bis die Visirlinie durch den Thurmknopf geht, dann liegt also dieser in der Verticalebene, die vv' beim Umdrehen um xx beschreibt, und deren Durchschnitt mit der Horizontalebene durch die Linie i i bezeichnet wird. Die Zahl der Grade auf dem Limbuskreis, auf welche dann i weist, schreibt man sich auf. Nun läßt man den Limbus unverrückt, dreht aber wieder die Alhidade und f f' so lange, bis man den Stein in der verlängerten vv' sieht. Dann liegt dieser Stein in einer andern Verticalebene, die jetzt vv' durch Umdrehung um xx beschreiben würde, und deren Durchschnitt mit der Horizontalebene jetzt wieder durch i i angedeutet

wird. Schreibt man jetzt wieder die Zahl der Grade auf, auf welche i zeigt, so giebt der Unterschied dieser beiden Zahlen die Anzahl von Graden, Minuten ꝛc. an, welche der Zeiger i von einer Stellung der Verticalebene zur andern durchlaufen hat, d. h. diese Anzahl von Graden ist der Neigungswinkel der beiden durch Thurmknopf und Stein gehenden Verticalebenen oder der Winkel der Horizontalprojectionen dieser beiden Punkte für den Ort m.

59.

Uebrigens sieht man leicht, daß die Spitze i durchaus nicht genau in der Verticalebene zu liegen braucht, die vv' durchläuft, da man die Stellungsverschiedenheit der Alhidade an jedem beliebigen Punkte, der fest an ihr bleibt, erkennen kann.

60.

Um mit dem Theodolith auch den Neigungswinkel der Linie v v' gegen die Limbusebene unmittelbar finden zu können, trägt eine der Stützen S die, der vv' parallele, zu LL senkrechte eingetheilte Scheibe H, den sogenannten Höhenkreis. Auf diesem streicht ein Zeiger her, der an x so befestigt ist, daß er, wenn vv' der Limbusebene parallel ist, genau auf 0° oder 360° des Höhenkreises zeigt.

61.

Ist dann vv' gegen die Limbusebene geneigt, so zeigt der Zeiger auf eine Gradzahl, deren Abstand von 0° die Größe des Neigungswinkels der vv' gegen die Limbusebene angiebt. Da aber bei verschiedenen Neigungen der Vistrlinie auch der Durchschnitt derselben mit der Ebene LL sehr verschieden ist, so denke man sich nur, man mäße eigentlich den Winkel der Linie v v' gegen eine Ebene, die durch den Punkt q geht und der Limbusebene parallel liegt. Die Neigungswinkel einer Linie gegen zwei parallele Ebenen sind nämlich einander gleich, dabei aber ist für alle Lagen der Vistrlinie vv' der Durchschnittspunkt mit der zweiten, nur gedachten, der LL parallelen, Ebene stets derselbe, nämlich q.

62.

Mit dem beschriebenen Modell eines Theodolithen, dessen Limbuskreis etwa 6 Zoll Durchmesser hat *), kann man die Winkel recht wohl bis auf $\frac{1}{2}^o$ genau finden. Bei wirklichen, von Messing und Stahl mit äußerster Sorgfalt verfertigten Theodolithen kann man sie aber durch einige Kunstgriffe bis auf Theile einer Secunde genau messen. An diesen sind dann noch allerhand kleine Vorrichtungen angebracht, die theils eben dieses genauere Messen möglich machen, theils auch dazu

*) Ich besitze ein solches, ganz aus Holz gefertigt. — Der Preis desselben war etwa 4 Rthlr.

dienen, den Mechanikus zu controliren, d. h. zu finden, ob er z. B. die Linie vv' genau senkrecht auf xx gestellt, ob die xx genau der Limbusebene parallel ist, ob der Zeiger des Höhenkreises grade 0° zeigt, wenn vv' der LL parallel ist, ob die Zapfen m und l genau in der Mitte des Limbus und Höhenkreises sind, u. s. w., — und wenn er darin gefehlt hat, die Größe der Fehler kennen zu lernen, um dadurch die unrichtigen Angaben des Instruments zu corrigiren. Da wir aber hier nicht die Absicht haben, *feine* Messungen wirklich auszuführen, sondern nur die Möglichkeit und die Art und Weise, Winkel zu messen, einzusehen, so will ich meine Leser weder mit der weitern Beschreibung der Einrichtung eines zum genauen Messen eingerichteten Theodolithen, noch mit Angabe der oft sehr sinnreichen Methoden, die Fehler des Messens kennen zu lernen oder ganz fortzuschaffen, behelligen.

63.

Außer dem Neigungswinkel zweier Verticalebenen, oder dem Neigungswinkel einer Linie gegen die Horizontalebene, die der im Vorhergehenden beschriebene Theodolith allein unmittelbar mißt, sind aber noch einige andere Winkel von hohem Interesse für uns. Dies sind namentlich die *Linienwinkel*, welche 2 *beliebige* von q (unserm Auge) ausstrahlende Gesichtslinien bilden, ferner der Neigungswinkel einer von q ausgehenden Linie zu einer andern, als der Horizontalebene, und endlich der Neigungswinkel zweier beliebiger, in einer durch q gehenden Durchschnittslinie sich durchschneidender Ebenen.

64.

Dazu giebt es denn mancherlei oft sinnreich zusammengesetzte Werkzeuge. Ohne uns aber auf die Kenntniß derselben einzulassen, will ich nur zeigen, wie wir durch eine besondere Einrichtung unseres Theodolithen jene 3 Zwecke erreichen könnten. Man brauchte nämlich nur dafür zu sorgen, daß die Limbusebene in jeder beliebigen, nicht blos horizontalen, Lage festgestellt werden könnte.

65.

Denn will man erstens *den Winkel zweier, von q ausgehender, Gesichtslinien* messen, — so bestimmen diese 2 Linien die Lage einer Ebene, in der sie beide liegen, und es käme nur darauf an, daß in dieser Ebene ein eingetheilter vom Mittelpunkt q gezogener Kreis gezeichnet wäre. Stellt man aber die vv' der Limbusebene parallel, d. h. den Höhenkreiszeiger auf 0° fest, und verstellt die Limbusebene so lange, bis blos durch Drehung der Alhidade um m die Vistrlinie vv' abwechselnd in die Lage der bestimmten 2 Gesichtslinien gebracht werden kann, so ist die Limbusebene der durch die 2 Gesichtslinien bestimmten Ebene parallel, und der Zeiger i giebt auf dem Limbuskreis die Größe der Drehung der Linie vv' von einer zur andern Lage, oder den Winkel der beiden Gesichtslinien an.

66.

Soll aber zweitens der Neigungswinkel einer durch q gehenden Linie zu einer bestimmten Ebene gemessen werden, so wird, wenn man der Limbusebene (nach 65) diese bestimmte Lage gegeben hat, der Zeiger am Höhenkreis unmittelbar die Neigung der Linie vv' gegen die Limbus- oder die ihr parallele, durch q gehende, Ebene angeben.

67.

Um endlich drittens den Neigungswinkel zweier Ebenen zu messen, die sich in einer durch q gehenden Durchschnittslinie durchschneiden, braucht man nur die Limbusebene in eine solche Lage zu bringen, daß die mqz mit jener Durchschnittslinie zusammenfällt; dann wird der Zeiger i die Größe dieses Winkels angeben, wenn man die Alhidade um m so dreht, daß vv' einmal in der einen, das andere Mal in der andern der beiden fraglichen Ebenen liegt.

68.

Um aber der Limbusebene jede beliebige Lage geben zu können, kann man sich denken, die Scheibe LL ruhe, statt auf 3 Schrauben, auf einem Stiel, dessen kugelförmig verdicktes Ende k (Fig. 24) in einer hohlen, oben ausgeschnittenen Kugel h sich mit einiger Reibung verdrehen ließe. — Gäbe dies noch nicht Spielraum genug, so könnte der Stiel der Hohlkugel h sich wieder in einen kugelförmigen Knopf endigen, der in einer zweiten ähnlichen Hohlkugel sich herumbewegen kann.

69.

Der Gebrauch des Theodolithen zur Messung der letztgenannten 3 Arten von Winkeln hat aber mehr oder weniger Unbequemes und Unvollkommenes, daher man sich dazu, wie schon erwähnt, anderer, zu diesem Zwecke besonders eingerichteter, Instrumente bedient. Die nähere Kenntniß derselben wollen wir aber den Astronomen und allen den Leuten überlassen, die solche Winkel wirklich mit Genauigkeit messen müssen, während es uns blos darauf ankommt, die Möglichkeit, sie zu finden, eingesehen zu haben.

Mikrometer.

70.

Indessen kann ich doch nicht umhin, hier einer sinnreichen Einrichtung eines Fernrohrs zu gedenken, mittelst deren man mit großer Schärfe die scheinbare Breite (den scheinbaren Durchmesser) von Gegenständen messen kann, die nicht breiter erscheinen, als daß sie durch das Fernrohr auf einmal vollständig übersehen werden können. —

Dazu wird es aber nützlich sein, vorerst die Construction eines Fernrohrs in seiner einfachsten Gestalt kennen zu lernen.

71.

Man halte ein Brennglas oder Brillenglas, das in der Mitte dicker ist als an den Rändern, ziemlich weit vom Auge, und man wird entfernte Gegenstände, die man dadurch betrachtet, sehr deutlich, aber auf dem Kopf stehend erblicken. Was man da sieht, ist ein wirkliches Bild jener Gegenstände, das zwischen dem Auge und dem Glas in der Luft schwebt und das man mit einem durchscheinenden Stück weißen Postpapiers auffangen kann, wenn man dieses zwischen Auge und Glas so lange verschiebt, bis man das Bild auf dem Papiere deutlich sieht, d. h. bis das Papier und das schwebende Bild aufeinanderfallen.

Je dicker das Glas in der Mitte gegen seine Dicke an den Rändern, d. h. je convexer es ist, desto näher fällt das Luftbild dem Glase und desto kleiner erscheint es; ist aber das Glas in der Mitte nur wenig dicker als an den Rändern, so fällt das verkehrte Bild weiter vom Glase weg, und erscheint in größerm Maßstabe gezeichnet.

72.

Dasselbe Glas ist aber auch zugleich ein sogenanntes Vergrößerungsglas. Hält man es nahe an's Auge und betrachtet damit nahe Gegenstände, z. B. ein beschriebenes Blatt oder ein Miniaturbildchen, so sieht man diese vergrößert, und zwar im Gegensatz zu obigem Versuche, desto mehr vergrößert, je convexer das Glas ist. — Für jedes bestimmte Glas von einer bestimmten Convexität ist dabei sowohl die Entfernung des Luftbildes, als, bei dessen Gebrauch als Vergrößerungsglas, die Entfernung, in der es von dem zu betrachtenden Gegenstand gehalten werden muß, eine ganz bestimmte; während es auf die Entfernung des Auges von ihm, innerhalb gewisser Grenzen, so genau nicht ankommt.

73.

Läßt man sich nun von Jemandem ein wenig converes Glas zur Hervorrufung eines so wenig als möglich verkleinerten Luftbildes vor das Auge halten und betrachtet man das schwebende Bildchen, statt mit bloßen Augen, durch ein viel convexeres, also stark vergrößerndes Glas, so erblickt man ferne Gegenstände, verkehrt stehend, bedeutend vergrößert. —

74.

Begiebt man sich mit den beiden Gläsern mehr in den Grund eines Zimmers oder in einen noch dunklern Raum, in welchen nur durch eine kleine Oeffnung ein entfernter Gegenstand sichtbar ist, so wird man bemerken, wie das betrachtete Bild auffallend an Schärfe und Deutlichkeit gewinnt, weil dort das Auge von nahen hellerleuchteten Gegenständen nicht so geblendet und gestört wird als im Freien oder in der Nähe eines Fensters. Um daher diese störende Einwirkung fremden Lichtes von der Seite ganz aufzuheben, schließt man die beiden Gläser

in eine inwendig geschwärzte Röhre ein, und hat so ein sogenanntes astronomisches Fernrohr in seiner einfachsten Gestalt. Dieses hat nur die Unbequemlichkeit, daß man alle Gegenstände verkehrt sieht, was indeß bei Beobachtung von Sonne, Mond und Sternen nicht viel genirt. Sollen die Gegenstände aufrecht erscheinen, so bekommt es eine etwas complicirtere Einrichtung durch mehre Gläser.

75.

Ein Fernrohr ist daher nichts weiter, als ein Instrument, bei dem man eine wirkliche, auf eine unsichtbare Ebene mit unnachahmlicher Treue hingezauberte Copie entfernter Gegenstände mit einem Vergrößerungsglase (dem sogenannten Ocular- oder Augenglase) betrachtet. Fig. 25 ist G ein entferntes Object, A das Objectivglas, B die Stelle des Luftbildes, O das Ocularglas. —

76.

Hält man nun gerade in das Luftbild z. B. ein Haar, so wird man dasselbe als einen Theil jenes Bildes erblicken, es wird, durch das Ocular vergrößert, wie ein Balken erscheinen, der mitten durch die abgemalten Häuser und Bäume geht. Wären an diesem Balken seitwärts in gleichen Abständen Sprossen angebracht (Fig. 26), so würde man dann etwa bemerken können, wie z. B. das Bild einer Dachrinne von der 3ten bis zur 24sten Sprosse an jenem Haar reiche, also 21 Sprossen lang erscheine.

77.

Stellen sich meine Leser nun vor, der Mechanikus habe sich einen sehr großen horizontalen Kreis gezogen und ein Stück der Kreislinie an einer weißen Wand in Grade, Minuten und Secunden getheilt, habe dann das Fernrohr im Mittelpunkt jenes eingetheilten Kreises nach diesem gerichtet und so lange gerückt, bis das Bogenstück desselben mit dem Haare fast ganz zusammengefallen, und dann z. B. gefunden, daß das Bild eines Grades seiner Kreislinie 60 oder 90 (oder wieviel sonst) Sprossen des Haares gleich sei. Dann weiß er, daß die Sprossen an dem Haare 1 Minute (oder $^2/_3$ ꝛc.) von einander entfernt sind. Theilte uns nun der Mechanikus diese seine Beobachtung über die Sprossenentfernung in Bogentheilen ausgedrückt mit, so können wir (nach 76) leicht finden, daß jene Dachrinne einen Bogen von 21 Minuten (oder 14′) bedecke, oder daß ihre scheinbare Länge 21′ betrage.

78.

Statt des Haares wendet man nun ein rundes Stückchen Spiegelglas an, auf das man eine äußerst feine Linie mit Diamant oder Feuerstein zieht, und sie durch Querstriche, die genau gleichweit von einander abstehen, eintheilt. — Die Entfernung zweier solcher Querstriche in Bogentheilen könnte dann auf die oben angegebene Weise vom Mechanikus ermittelt werden.

79.

Eine solche eingetheilte Linie auf einem an der Stelle des Luftbildchens im Fernrohr eingesetzten Glase nennt man ein Mikrometer, zu deutsch: eine Vorrichtung, um kleine Bogen zu messen.

Gestaltverhältnisse.

Geradlinige Figuren.

Dreieck.

80.

Ist ein Stück Ebene ringsum von geraden Linien begrenzt, so heißt dasselbe nach der Anzahl der einschließenden Geraden: Dreieck, Viereck, Fünfeck u. s. w.

81.

An einem bestimmt vorliegenden Dreieck (Fig. 27) sind namentlich 6 ihm eigenthümliche Stücke, die in dieser bestimmten Zusammenstellung es der Gestalt und Größe nach von unzähligen anders gestalteten unterscheiden, zu beachten, nämlich die 3 Seiten ab, bc, ca und die 3 Winkel abc, bca, cab.

82.

Wollte man ein solches Dreieck genau abzeichnen, so daß das neue von dem Original gar nicht zu unterscheiden wäre, so müßte man die 6 Stücke beim ursprünglichen messen und in derselben Ordnung an einander tragen. — Indessen reicht man in den allermeisten Fällen mit 3 Stücken aus, indem sich die Größe der übrigen 3 dann von selbst bestimmt.

83.

So fasse man z. B. eine Seite, etwa ab, in den Zirkel, ziehe sich eine Linie, mache sie so lang als die Zirkelöffnung, messe den Winkel bac mit dem Transporteur, trage diesen so an die neue Linie, daß diese der eine Schenkel und ihr einer Endpunkt der Scheitel sei, verfahre ähnlich mit dem andern Winkel abc, so werden sich die beiden zweiten Schenkel der beiden Winkel in einem Punkte schneiden, und das neue Dreieck stimmt vollkommen mit dem alten überein; die Länge der beiden andern nicht gemessenen Seiten ac und bc und der 3te Winkel acb wird dann von selbst in beiden Dreiecken gleich werden. — Man sagt daher, eine Seite und die beiden anliegenden Winkel (von denen die gewählte Seite je ein Schenkel ist) bestimmen ein Dreieck.

84.

Man versuche noch durch die 3 Seiten, oder durch 2 Seiten und den eingeschlossenen Winkel, d. h. den Winkel, dessen Schenkel diese

beiden Seiten sind, — ein Dreieck zu copiren. — Durch 3 Winkel, ohne Seite, bekommt das neue Dreieck nur durch Zufall dieselbe Größe, obwohl eine ähnliche Gestalt.

85.

Sind bei einem Dreieck 2 Seiten einander gleich, so heißt es gleichschenklig; haben alle 3 Seiten einerlei Länge, gleichseitig; ist einer der 3 Winkel stumpf, stumpfwinklig; ist einer ein Rechter, rechtwinklig; sind sie alle 3 spitz, spitzwinklig. Die Anzahl der Grade der 3 Winkel zusammengezählt giebt allemal 180°.

Quadrat.

86.

Ein Viereck, in welchem je 2 gegenüberliegende Seiten parallel sind, heißt ein Parallelogramm (Fig. 28); ab parallel cd; ac parallel bd.

Sind in einem solchen Parallelogramm alle 4 Seiten einander gleich und stehen noch je 2 aneinanderstoßende Seiten senkrecht zu einander, so heißt das Viereck ein Quadrat (Fig. 29).

Krumme Linien.

Kreis.

87.

Von krummen Linien, und zwar gesetzmäßig krummen, ist die einfachste die Kreislinie (Fig. 30). Das Gesetzmäßige bei ihr ist, daß alle Punkte derselben vom Mittelpunkte gleich weit entfernt sind, nämlich so weit als die Zirkelspitzen von einander abstanden. — Daß eine Gerade vom Mittelpunkt nach einem Punkt der Kreislinie der Halbmesser oder Radius; eine Gerade durch den Mittelpunkt von einem Punkt des Kreises zu einem entgegengesetzten aber Durchmesser heißt, wissen meine Leser schon längst; ebenso, daß alle Halbmesser, und wieder alle Durchmesser einander gleich, und ein Halbmesser die Hälfte eines Durchmessers ist.

Geht eine Gerade von einem Punkt der Kreislinie zu einem andern, aber nicht durch den Mittelpunkt, so heißt sie eine Sehne, ab (Fig. 30). Eine gerade Linie at (Fig. 30), die auf dem Endpunkt a eines Halbmessers senkrecht steht, hat mit der Kreislinie nur den einzigen Punkt a gemeinschaftlich. Sie heißt Berührungslinie (Tangente), der Punkt a ihr Berührungspunkt.

Zwei oder mehre Kreise, die denselben Mittelpunkt haben, heißen concentrisch.

Ellipse.

88.

Außer dem Kreise giebt es noch unzählige andere gesetzmäßig gekrümmte Linien. — Einige der für uns interessantesten wollen wir noch kennen lernen. Zuerst die Ellipse.

Man ziehe sich (Fig. 31) auf einem Brette zwei auf einander senkrechte Linien ab und cd; von ihrem Durchschnittspunkte m aus nehme man ma gleich mb und mc gleich md, aber mc oder md etwas kleiner als ma oder mb; beschreibe dann aus c mit der Weite ma einen Kreis, der die ab in den Punkten f und f' schneidet; dann schlage man in f, f' und c je eine Stecknadel ein, binde einen Faden um die Stecknadel in f fest, spanne ihn über die in c, und befestige ihn, straff angezogen, wieder an die Nadel in f'. Steckt man dann statt der Nadel in c einen spitzen Bleistift ein und fährt mit diesem so herum, daß der Faden immer angespannt bleibt, so beschreibt die Bleifeder eine krumme Linie, die Ellipse acbda. Die Linie ab heißt die große, cd die kleine Axe, f, f' ihre beiden Brennpunkte.

89.

Je weniger mc und ma unterschieden sind, desto näher fallen f und f' an m und desto mehr wird die Ellipse kreisähnlich; ist ma gleich mc, so geht sie in einen Kreis über; ist aber cm viel kleiner als ma, so fallen f und f' sehr nahe an a und b und die Ellipse wird sehr lang und schmal. — Bei dieser Construction lag es in unserer Gewalt, die Länge der großen und der kleinen Axe für die zu zeichnende Ellipse vorher zu bestimmen; will man blos irgend eine Ellipse zeichnen, so braucht man nur 2 Stecknadeln an 2 Punkten einzuschlagen, an sie einen Faden zu befestigen, der länger ist, als die Entfernung der Nadeln, und mit dem Bleistifte, den Faden immer anspannend, auf dem Brette herumzufahren.

90.

Das Gesetzmäßige bei dieser Curve besteht darin, daß die Entfernungen eines jeden Punktes in ihr von den beiden Brennpunkten (pf und pf') zusammengenommen so lang als die große Axe ab ist; indem ja ursprünglich der Faden gleich zweimal cf, d. h. so lang als ab, war und immer unverändert blieb.

91.

Schneidet man einen runden Stock schief durch, so ist der Durchschnitt eine, von einer Ellipse begrenzte, Ebene.

Parabel.

(92.)

Eine andere nicht minder interessante Linie ist die Parabel. Man lege ein Lineal EGAC (Fig. 32) fest, ziehe senkrecht zur Kante EGA

die Linie GS fX, schlage darin in einiger Entfernung von G, z. B. in f, eine Stecknadel fest ein, binde daran einen Faden, befestige das andere Ende desselben an die Spitze B des rechtwinkligen Dreiecks *) (Fig. 7), so aber, daß der Faden von f bis B genau so lang ist, als die Kante AB des Brettchens. Legt man dieses nun so an das Lineal E G'A, daß seine Kante AC genau an der des Lineals anliegt, drückt mit einer Bleifederspitze den Faden straff an die Kante BDA an, daß z. B. der Bleistift in D ist, führt darauf das Brettchen BAC so an CAGE her, daß es immer mit seiner Kante AC genau an dem Lineal hergleitet, während man dabei den Stift D immer an AB so weit nach A drückt, als es der Faden erlaubt; so beschreibt die Bleifederspitze beim Heruntergleiten der CA am Lineal die krumme Linie MDpp'S, den einen Ast einer Parabel, deren zweiter Ast von S nach K auf ähnliche Weise durch Umlegen des Brettchens gezeichnet werden kann. — Vollständig erhält man die Parabel nie; — sie geht über M und K ins Unbegrenzte fort; man bekommt nur ein desto größeres Stück derselben, je länger BA ist. Der Punkt S in ihr heißt der Scheitel, f der Brennpunkt, CE die Leitlinie, SX die Axe.

(93.)

Als Bildungsgesetz bei ihr erkennt man leicht, daß jeder Punkt in ihr, z. B. D, eben so weit vom Brennpunkte als von der Leitlinie entfernt ist, indem ja allemal das Stück Faden von f nach der Bleistiftspitze so lang ist, als von dieser nach A, weil der ganze Faden so lang als BA genommen war.

(94.)

Ein horizontal geworfener Stein kommt in einem Parabelaste Sp' pD zur Erde (die Hand ist der Scheitel); ebenso bildet ein Wasserstrahl, der aus einer horizontalen Brunnenröhre fließt, eine parabolische Krümmung, für welche das Ende der Röhre den Scheitel abgiebt.

Hyperbel.

(95.)

Endlich wollen wir noch eine dritte ähnliche Linie kennen lernen, die Hyperbel. Wir nehmen auf einer Geraden AX (Fig. 33) zwei Punkte s und s' an, ferner von s' links und eben so weit von s rechts zwei andere, f' und f, und lassen den Punkt f' in der Kante eines Lineals f'DC sich um f' drehen (am bequemsten schlagen wir dazu in f' eine Stecknadel ein, machen einen kleinen Einschnitt in die Kante des Lineals und drücken bei z immer gelinde nach f' hin). — Binden wir nun einen Faden an f und C fest, so daß er um die Länge der

*) Sehr einfach gelingt dies durch Festklemmen des Fadens in einen Messerschnitt an der Spitze des Brettchens.

Linie s's kürzer ist als die Linealkante f'C, drücken wieder bei der Bewegung des Lineals um f' mit einer Bleifederspitze den Faden von C aus immer straff an Cf', so durchläuft der Bleistift D die krumme Linie, das Hyperbelstück, KDs; wenden wir dann das Lineal um, so erhalten wir als Fortsetzung die Krümmung sM. —

(96.)

Binden wir hiernach den Faden an f' statt an f und lassen das Lineal sich um f drehen, so erhalten wir auf der andern Seite eine ganz ähnliche Hyperbel M's'K'.

Auch diese Linie geht über M und K, M' und K' noch hinaus in's Unendliche, kann aber natürlich nur so weit gezeichnet werden, als das Lineal reicht.

(97.)

Statt den Faden um ss' kürzer zu machen als f'C, konnten wir ihm auch die Länge von f'C und ss' geben. Dann würde bei der ursprünglichen Lage des Lineals (Fig. 33) der Bleistift in D' statt in D sein, und durch Bewegung des Lineals um f' nicht KDs, sondern K'D's' beschrieben werden. Auch hier heißen wieder s und s' die Scheitel, f und f' die Brennpunkte, ss' die Hauptaxe.

(98.)

Das Gesetzmäßige bei ihr besteht darin, daß die beiden Entfernungen eines jeden Punktes in ihr von den beiden Brennpunkten (z. B. Df und Df') um die Länge der ss' unterschieden sind. [Df' z. B. in der Fig. 33 ist um ss' länger als Df, denn legten wir den Faden Df an Cf', so würde er bis an einen Punkt reichen, der noch um ss' von f' entfernt wäre, weil ja der ganze Faden CDf um ss' kürzer war als Cf'.]

(99.)

Die Ansicht einer solchen Linie kann man sich auch leicht verschaffen, wenn man eine Lampe mit einem undurchsichtigen Schirm (wie er sich gewöhnlich an den früher sogenannten Studirlampen findet), dessen oberer und unterer kreisförmiger Rand höher und tiefer steht als die Flamme, in die Nähe einer weißen ebenen verticalen Wand stellt. Die Grenze des beleuchteten und beschatteten Theils der weißen Wandfläche ist hyperbolisch. (Vergl. 110.)

Ebenflächige Körper.

Würfel.

100.

Von ebenflächigen Körpergestalten wollen wir für unsern Zweck nur den Würfel hervorheben, er ist von 6 gleichgroßen Quadraten eingeschlossen. — (Fig. 40.)

Krummflächige Körper.

Kugel.

101.

Von krummflächigen aber nehmen einige unser Interesse näher in Anspruch. Vor allen ist wichtig für uns die Kugel.

Dreht man einen Halbkreis arqpcbdefga (Fig. 34) um den Durchmesser ab als Axe rund herum, so schneidet er aus dem Raume einen Körper, die Kugel, heraus, während die Kreislinie adb deren Oberfläche beschreibt. Der Mittelpunkt des Kreises c wird auch Mittelpunkt für die Kugel, alle Geraden von diesem Punkt nach irgend welchen Punkten der Kugelfläche — Halbmesser genannt — sind daher einander gleich, weil es immer zugleich Halbmesser des Kreises bei irgend einer Lage desselben während der Umdrehung waren; ebenso sind auch alle Durchmesser, bestehend aus 2 in einer geraden Linie liegenden Halbmessern, von gleicher Länge.

102.

Hatte man in den Kreis, durch dessen Umdrehung um ab als Axe die Kugel entstand, die Linien dc, ep, fq, gr senkrecht zu ab gezogen, so beschreiben diese beim Umdrehen des Kreises Ebenen, die auch zu ab senkrecht stehen und alle unter sich parallel sind, während ihre Endpunkte d, e, f, g die jene Ebenen begrenzenden Kreislinien $d\,d^1\,d^2\,d^3\ldots.$, $e\,e^1\,e^2\,e^3\ldots.$ (Fig. 35) durchlaufen, deren Mittelpunkte alle wieder in ab liegen.

103.

Unter allen diesen Kreislinien ist die, deren Radius dc war, die größte. Wir nennen sie Aequator; ihre Ebene, Ebene des Aequators. Die anderen Kreislinien, von e, f, g... beschrieben, heißen Parallelkreise. Letztere werden um so kleiner, je weiter sie von der Aequatorsebene abstehen, d. h. je näher die sie erzeugenden Punkte e, f, g... dem Punkte a oder b, die wir Pole nennen, rücken. — Die Ebene des Aequators theilt die ganze Kugel in 2 gleiche Hälften, Halbkugeln oder Hemisphären. — Die Aequatorlinie selbst steht überall gleich weit von den Polen ab, und zwar um den Bogen aged oder 90^0.

104.

Arretirt man beim Umdrehen den erzeugenden Kreis an einer beliebigen Stelle, so heißt er — als eine durch die Pole und den Mittelpunkt gehende Ebene — eine Meridianebene; seine kreisförmige Begrenzung, z. B. aedb auf der Kugeloberfläche von einem Pol zum andern gehend: eine Meridianlinie für alle die unzähligen Punkte, die in ihr liegen. Da man den Erzeugungskreis in jedem Augenblicke der Umdrehung arretiren konnte, so giebt es unzählige solche Meridianebenen und Linien, die alle, einander gleiche, Halbkreise sind.

105.

Legt man in einer fertigen Kugel einen beliebigen Durchmesser durch den Mittelpunkt, so kann man die erwähnten Ebenen, Linien und Punkte: Aequator, Parallelkreise, Pole, Meridiane für ihn als Axe construiren. Man braucht sich die Kugel nur entstanden zu denken durch Umdrehen eines Halbkreises, von dem er Durchmesser war.

106.

Legt man eine Ebene senkrecht zu einem Halbmesser in dessen Endpunkt an der Kugelfläche, so hat diese Ebene nur diesen einzigen Punkt mit der Kugel gemeinschaftlich, berührt die Kugel nur in dem einzigen Punkt und heißt Berührungsebene. Dieselbe entsteht auch, wenn man einen Halbmesser zieht, cb (Fig. 34), in dessen Endpunkt b eine senkrechte Linie, b T, darauf sich errichtet denkt, und dann diesen rechten Winkel um den Halbmesser als festen Schenkel (oder Axe) herumdreht, wo dann der zweite Schenkel b T die Berührungsebene durchläuft; — der Scheitel des rechten Winkels b ist Berührungspunkt.

Zwei Kugeln, die denselben Mittelpunkt, aber verschiedene Halbmesser haben, heißen concentrisch.

Ellipsoid.

107.

Dreht man eine Ellipse (Fig. 31) um ihre kleine Axe cd, so entsteht auf ähnliche Weise, wie die Kugel durch Umdrehung eines Kreises, ein taschenuhrartiger Körper, ein sogenanntes Ellipsoid; die Axe zwischen den zwei Polen ist dabei kleiner als ab ein Durchmesser des Aequators. Auch an ihm kann man, ganz analog der Kugel, Parallelkreise, Meridiane ꝛc., welche letztere freilich keine Kreise, sondern Ellipsen sind, ziehen. — Die Berührungsebenen an diesen Körper stehen aber nur auf den Halbmessern senkrecht, die in dem Aequator oder in den Polen endigen.

Kegel.

(108.)

Als einen dritten für uns interessanten krummflächigen Körper wollen wir noch den Kegel kennen lernen. Wir bewegen (Fig. 36) den einen Schenkel su eines spitzen Winkels msu, dessen Schenkel noch über den Scheitel verlängert sein können, um den andern sm als unbewegliche Axe ringsherum, so daß der Scheitel s immer an demselben Punkt bleibt. Dann beschreibt die su eine eigenthümliche, etwa wie 2 mit ihren Spitzen aufeinanderstehende Trichter, oder das Glas einer Sanduhr, gestaltete Fläche, die Kegelfläche; der obere und untere Trichter heißt Kegel- und Gegenkegelfläche — der körperliche Raum zwischen der Kegelfläche und dem Kreis d u d heißt Kegel; besser aber betrachtet

man als solchen den ganzen nach einer Richtung über jenen Kreis hinausgehenden unbegrenzten Raum innerhalb der Kegelfläche. Eine besondere Art des Kegels ist der Cylinder, der überall gleich dick ist, wie z. B. ein runder Bleistift.

(109.)

Schneiden wir unsre Kegelfläche mit einer sehr breiten, dünnen, ebenen Messerklinge, die wir an irgend einem Punkt der Fläche, z. B. a, ansetzen, durch, so sind die Durchschnittslinien der Klinge und der Kegelfläche verschiedene Curven, die wir im Vorhergehenden schon kennen gelernt haben und die man von dieser Bildungsart Kegelschnittslinien nennt.

(110.)

Halten wir nämlich die Klinge, von der Lage ausgehend, in der sie an au hergleiten, also gar nicht in den Kegel einschneiden würde, etwas mehr herunter, so durchschneiden wir den untern Kegel etwa in der Linie h'ah, und erweitern wir den Schnitt auch noch nach oben, so trifft er den Gegenkegel in h b i. Diese krummen Linien sind 2 entgegengesetzte Hyperbeln. Geben wir aber dem Messer die Richtung, daß die Linie sd der Klingenebene parallel ist, so treffen wir, wenn wir rückwärts gingen, den Gegenkegel nicht, der untere Kegel würde aber in der Linie p'ap einer Parabel durchschnitten. In diesen Fällen gelangen wir mit unserm Messer nie wieder aus dem Kegel heraus, daher denn die Linien in's Unbegrenzte fortgehen.

(111.)

Richten wir aber unsre schneidende Ebene mehr nach sd hin, so daß wir diese am Ende irgendwo treffen müssen, so entsteht eine Ellipse, z. B. ae. Geben wir dann dem Messer eine Stellung senkrecht zur Axe sm des Kegels, so entsteht der Kreis ak, und kommen wir mit der Klinge zwischen k und s heraus, so bilden sich wieder Ellipsen, z. B. ae'.

(112.)

Nur eine bestimmte Lage also giebt es für die in a angesetzte Klinge, in welcher eine Parabel oder ein Kreis gebildet wird, während in allen Lagen zwischen au und am' Hyperbeln, und in allen zwischen am' und as, der ak ausgenommen, Ellipsen entstehen. — Der Punkt a ist für alle Kegelschnittslinien der Scheitel; ax, am', ae, ak, ae' beziehungsweise die Axen.

Aehnlichkeit.

113.

Vergleichen wir die Gestalten zweier Linien, Figuren oder Körper, so entwickelt sich dadurch der Begriff der Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit.

So nennen wir 2 geradlinige Figuren, z. B. (Fig. 37) die beiden Fünfecke, ähnlich, wenn jede Seite der größern Figur gleichvielmal größer ist als die entsprechende in der kleinern (so hier z. B. AB 3mal so groß als ab, BC 3mal so groß als bc u. s. w.) und noch außerdem der Winkel, den 2 Seiten der einen Figur bilden, gleich ist dem der entsprechenden Seiten in der andern Figur (Winkel ABC gleich abc u. s. w.).

Man sagt dann wohl, die kleinere Figur sei ein Bild der größern in verjüngtem Maßstabe. — Eine getreue Copie eines Oelgemäldes z. B. en miniature und das Oelgemälde selbst sind ähnlich.

114.

So wird man sich leicht überzeugen, daß alle Kreise, Quadrate, alle Kugeln und Würfel einander ähnlich sind; zwei Ellipsoide aber können nur dann als ähnlich angesprochen werden, wenn das Verhältniß der großen und kleinen Axe der bildenden Ellipse in beiden Ellipsoiden dasselbe ist.

Größenverhältnisse.

Längenmaß.

115.

Um von der Länge einer Linie jedem Andern einen deutlichen Begriff zu geben, bedient man sich bestimmter Maßeinheiten, z. B. einer Elle, von deren Größe Jedermann eine klare Anschauung hat, oder doch leicht erhalten kann. Leider giebt es dergleichen Maßeinheiten noch sehr viele verschiedene, indem fast jedes Land sich einer besondern Länge als Längenmaß oder Längeneinheit bedient.

116.

Einige der bekanntesten und für unsere Zwecke wichtigsten sind:

1) der pariser Fuß. Man theilt ihn in 12 Zolle, einen Zoll wieder in 12 Linien, so daß also der Fuß 144 Linien enthält.

2) der rheinländische Fuß. Er enthält 139,13 pariser Linien. *)

Eine Länge von 2 Fuß heißt Elle.
" " " 6 pariser Fuß 1 Toise.
" " " 12 Fuß eine Ruthe.

---

*) 139,13 steht für $139^{13}/_{100}$. Solche Zahlen mit einem Komma heißen Decimalbrüche. Man übersetzt sie leicht in gewöhnliche Brüche, wenn man die Zahl links vom Komma als Ganze, die rechts davon aber als Zähler liest und diesem einen Nenner giebt, der 1 zur ersten Ziffer und hinter dieser so viel Nullen, als der Zähler einzelne Ziffern, hat. Das Komma in einer Zahl thut man wohl durchweg in diesem Sinne, nie aber zur Abtheilung der Tausende, Millionen ꝛc. zu gebrauchen.

Eine Länge von 22842 pariser Fuß oder 3807 Toisen ist eine geographische Meile.

117.

In neuerer Zeit hat man in Frankreich noch ein anderes, für Berechnungen sehr bequemes, Längenmaß eingeführt: das Meter.

Das Meter enthält 3 par. Fuß, 11,3 Linien oder 443,3 par. Linien.

Der 10te Theil eines Meters heißt Decimeter 44,33 pariser Linien.
„ 100ste „ „ „ „ Centimeter 4,433 „ „
„ 1000ste „ „ „ „ Millimeter 0,4433 „ „

Eine Länge von 10 Metern heißt Decameter, etwa 30 Fuß $8\frac{1}{2}$ Zoll.
„ „ „ 100 „ „ Hectometer „ 307 „
„ „ „ 1000 „ „ Kilometer „ 3078 „
„ „ „ 10000 „ „ Myriameter „ 30784 „ od. $1\frac{1}{3}$ Meile.

Maßstab.

118.

Um für Zeichnungen zu unserm Zwecke bequem Zolle, Linien und Zehntellinien abmessen zu können, dient der Maßstab (Fig. 38).

Die Linie AB ist in einzelne Zolle abgetheilt, ebenso die noch übrigen 10 mit der AB parallelen auf BC numerirten Linien. — Der Zoll von 0 bis B so wie von 0 bis C ist in 12 Linien getheilt, und dabei von den Theilungspunkten der 0C nach denen der 0B die schrägen Verbindungslinien gezogen; dadurch wird auf der

1sten	Parallelen	das Stückchen	ab	gleich	0,1 Linie
2ten	„	„	cd	„	0,2 „
3ten	„	„	ef	„	0,3 „
. . . . .					
9ten	„	„	rs	„	0,9
10ten	„ DC	„	0_1	„	1,0

119.

Soll man nun z. B. eine Länge von 2 Zoll 5 Linien 4 Zehntellinien oder 2 Zoll 5,4 Linien abgreifen — so messe man auf der 4ten Parallelen und zwar von x' bis y'; davon sind von x' bis g 2 Zoll, von h nach y', ebenso wie auf der AB von 0 bis 5, die 5 Linien, und das Stückchen gh 4 Zehntellinien. Man versuche noch zur Uebung einige andere Längen abzugreifen, z. B.

2	Zoll	4	Linien,	reichen	von	2	bis 4
1	„	2,7	„	„	„	x	„ w
0	„	2,9	„	„	„	r	„ t
2	„	0,2	„	„	„	y	„ d

120.

Will man umgekehrt finden, wie viel Zoll, Linien, eine vorgegebene Linie, die man zwischen den Zirkelspitzen hat, enthalte, so führe

man die eine Zirkelspitze auf AD oder einer ihrer Parallelen 1,1, 2,2 ꝛc. her, doch so, daß dann die andere Spitze in das Viereck OBCO reicht; dann messe man auf derjenigen der mit AB parallelen Linien, auf welcher irgend einer ihrer Durchschnittspunkte mit den schrägen Geraden, mit der 2ten Zirkelspitze ganz oder doch am nächsten zusammenfällt.

Länge des Kreisumfangs.

121.

Denken wir uns einmal eine Kreislinie als einen sehr dünnen Faden, schneiden ihn irgendwo entzwei, ziehen ihn gerade und messen seine Länge, so werden wir finden, daß er etwas mehr als 3mal länger ist, als der Durchmesser des Kreises, den er umgab.

In der Geometrie wird gezeigt, daß die Länge einer jeden Kreislinie stets dasselbe Vielfache ihres Durchmessers, und zwar etwa das 3,14fache desselben sei, oder mit andern Worten, daß bei jedem Kreis sich die Länge des Durchmessers zu der der Peripherie fast wie 7 zu 22 oder wie 1 zu 3,14, genauer wie 1000000 zu 3141593, verhalte.

122.

Hätte man also bei einem Kreise den Durchmesser gemessen, so könnte man ohne weiteres Messen die Länge der Peripherie ermitteln, indem man die Anzahl von Fußen, Zollen und Linien des Durchmessers nur mit 3,14 multiplicirt, oder mit 314 multiplicirt und das Product durch 100 dividirt, oder genauer mit 3141593 multiplicirt und durch 1000000 dividirt. *)

123.

Kennte man umgekehrt die Länge der Peripherie, so wäre der 3,14te Theil derselben die Länge des Durchmessers; d. h. also, man muß die Zahl der Peripherie mit 3141593 dividiren und mit 1000000 multipliciren, indem der Durchmesser nur 1000000 solcher Theile lang ist, deren die Peripherie 3141593 enthält.

124.

Zur Uebung: 1) die Kreislinie sei 314 Fuß } wie groß der Durch-
2) " " " 5400 Meil. } messer?
3) der Durchmesser sei 40000000 Meilen } wie groß die
4) " " " 193000 " } Peripherie?

---

*) Aus Durchmesser : Peripherie = 1000000 : 3141593, erhält man bekanntlich

$$\text{Peripherie} = \frac{\text{Durchmesser mal } 3141593}{1000000.}$$

Flächenmaß.

125.

Fragen wir, auf welches von zwei bestimmten Flächenstücken wir mehr schreiben könnten, für welches wir mehr Farbe brauchten, um es anzustreichen, oder mehr Zeug, um es zu überziehen, so vergleichen wir den Flächeninhalt derselben. Um aber von der Größe des Inhalts einer Fläche wieder einen anschaulichen Begriff zu bekommen, muß man sich über ein bestimmtes Stück einer Fläche vereinigen, das man als Maßeinheit gebrauchen will. — Dazu wählt man am zweckmäßigsten, wegen seiner einfachen und leicht aufzufassenden Gestalt, ein Quadrat. Die Größe eines solchen ist nach §. 86 bestimmt, sobald wir wissen, wie lang eine seiner Seiten ist.

126.

Ist eine Seite desselben 1 Linie lang, so heißt es Quadratlinie,
" " " " 1 Zoll " " " " Quadratzoll,
" " " " 1 Fuß " " " " Quadratfuß,
" " " " 1 Meile " " " " Quadratmeile.

Wie man sich leicht überzeugt, enthält

1 Quadratzoll 144 Quadratlinien, d. h. (12 mal 12),
1 Quadratfuß 144 Quadratzolle, d. h. (12 mal 12),
1 Quadratmeile 521 756 964 Quadratfuße, d. h. (22842 mal 22842).

Denn man kann z. B. (Fig. 39) eine Seite AB in 12 Theile theilen, durch die Theilungspunkte Parallelen mit AC ziehen und so das Quadrat in 12 Streifen theilen, deren jeder 12 Quadratlinien faßt.

127.

Zwei Flächenstücke, z. B. geradlinige Figuren, können sehr verschieden an Gestalt sein und doch gleichen Flächeninhalt haben, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man z. B. ein Stück Papier in Stücke zerschneidet und die Stücke anders aneinander legt, wodurch natürlich an Flächeninhalt weder etwas hinzu noch hinwegkommt.

Flächeninhalt des Kreises.

128.

Eine Kreisfläche ist immer 3,141593 mal so groß als das Quadrat ihres Halbmessers.

Zur Uebung: Der Halbmesser eines Kreises sei 12 Fuß, wie groß in Quadratfußen ist die Kreisfläche? — 452 389 392. — Der Durchmesser sei 19 Fuß; wieviel Quadratfuß, Quadratzoll und Quadratlinien enthält die Fläche des damit beschriebenen Kreises? — 283,528768 Quadratfuß oder 283 Quadratfuß 76 Quadratzoll 20,533248 Quadratlinien.

Flächeninhalt der Kugeloberfläche.

129.

Die Oberfläche einer Kugel ist immer 4mal so groß als der Flächeninhalt ihres größten Kreises.

Ist also der Durchmesser einer Kugel z. B. 6 Fuß, so ist der Halbmesser 3 Fuß; das Quadrat des Halbmessers beträgt also 3 mal 3 oder 9 Quadratfuße; der größte Kreis also 3,141593 mal 9 oder 28,274...; die Kugeloberfläche also 4 mal 28,274... oder 113,096... Quadratfuß.

Der Radius einer Kugel ist 859 Meilen, wieviel Quadratmeilen enthält die Oberfläche?

Körpermaß.

130.

Um von der Größe des Raums, den ein Körper einnimmt, eine klare Vorstellung zu erhalten, muß man sich wieder über eine Maßeinheit, einen Körper, von einer bekannten Größe verständigen. Kann man dann ermitteln, wieviel solcher Maßeinheiten man zusammenlegen müßte, um den fraglichen Körperraum auszufüllen, so bestimmt man den Cubikinhalt desselben.

131.

Zu einer solchen Maßeinheit hat man, wieder als einen Körper von leicht aufzufassender Gestalt, den Würfel (Cubus) gewählt. — Die Größe eines solchen ist fest bestimmt durch Angabe der Länge der Seite einer seiner quadratischen Grenzflächen.

Ist diese Seite 1 Linie lang, so heißt der Würfel Cubiklinie,
" " " 1 Zoll " " " " " " Cubikzoll,
" " " 1 Fuß " " " " " " Cubikfuß,
" " " 1 Meile " " " " " " Cubikmeile,
und es enthält wieder:
1 Cubikzoll 12 mal 12 mal 12 oder 1728 Cubiklinien,
1 Cubikfuß 12 mal 12 mal 12 oder 1728 Cubikzoll,
1 Cubikmeile 22842 mal 22842 mal 22842 oder 11 917972 571688 Cubikfuß.

Denn theilt man z. B. bei einem Cubikzoll (Fig. 40) drei aneinander stoßende Quadratseiten (Kanten) AB, AC, AD in ihre 12 Linien, legt dann durch jeden Theilstrich
in AB Ebenen parallel mit der Ebene DAC
in AD " " " " " " BAC
in AC " " " " " " BAD,
so zerschneidet man den Würfel in 12 übereinander liegende Platten, deren jede 12 mal 12 oder 144 Cubiklinien enthält. —

132.

Auch zwei Körperräume können ganz verschieden an Gestalt sein und doch denselben körperlichen Inhalt haben. Man denke sich nur

einen Cubikzoll von weichem Thon und gebe ihm durch Kneten eine andere Form, denn dann kommt an körperlichem Inhalt, vorausgesetzt, daß sich die Masse des Thons nicht zusammendrückt, weder etwas hinweg noch hinzu.

Körperinhalt der Kugel.

133.

Der Körperinhalt einer Kugel kann leicht gefunden werden, sobald man nur den Halbmesser derselben kennt. Denkt man sich einen Würfel, dessen Kantenlinie so groß als der Kugelradius ist, so enthält die Kugel an Rauminhalt $^4/_3$ mal 3,141593 oder 4,1888 ... solcher Würfel.

134.

Der Grund hiervon, so wie von manchem Vorhergehenden kann ohne weitere mathematische Studien, die ich aber meinen Lesern nicht zumuthen kann, nicht eingesehen werden. Man nehme es daher als Thatsache hin, und rechne etwa zur Uebung noch folgende Beispiele nach:

Der Halbmesser einer Kugel sei 3 Fuß, wie viel Würfel von gleicher Kantenlänge muß man nehmen, um durch deren Zusammenballen eine unserer Kugel gleiche zu erhalten? 4,1888.

Und wie viel Cubikfuß enthält die Kugel? Ein Würfel, dessen Seite 3 Fuß ist, faßt 3 mal 3 mal 3 oder 27 Cubikfuß, also die Kugel deren 27 mal 4,1888 oder 113,0976.

Wie viel Cubikmeilen enthält eine Kugel, deren Radius 859 Meilen beträgt?

Das Wissenswürdigste

aus der

Himmelskunde und mathematischen Geographie.

Himmelsgewölbe.

135.

Zuerst muß ich meine Leser ersuchen, an einem heitern Tage auf einen freien ebenen Platz zu gehen, wo kein Berg, kein naher Baum oder Haus die Aussicht beschränkt. Betrachten wir hier aufmerksam Sonne, Mond und Sterne, oder rufen uns wenigstens das da schon oft Gesehene in die Erinnerung zurück.

136.

Hoch über uns sehen wir da das blaue Kuppelgewölbe des Himmels, ruhend auf der kreisförmigen Ebene, in deren Mitte A (Fig. 41) wir stehen. Der weite Kreis rund um uns her (Nh Or St Wk N), in dem Himmel und Erde zusammenstoßen, ist der Horizont, die Grenze des sichtbaren Theiles der Erde. An einem Punkt desselben in der Gegend von O erhob sich die Sonne am Morgen, stieg immer höher und höher in einem weiten Bogen am Himmel auf und sinkt dann nach einer entgegengesetzten Seite des Horizonts wieder hinab, um endlich zwischen Himmel und Erde bei W zu verschwinden. Einen Augenblick hatte sie am höchsten Punkt M ihres Bogens OMW gestanden. Da war es Mittag.

Sterne.

137.

Kaum ist die Sonne verschwunden, so zeigen sich am immer finsterer werdenden Himmelsgewölbe einzelne Lichtpunkte. Immer dunkler wird's

um uns her, aber über uns tauchen immer mehr und mehr Sterne am Firmamente aus der Finsterniß auf, bis die ganze Kuppel davon übersäet ist. Die zuerst erschienen, sind heller und glänzender, als die übrigen. Es sind die Sterne erster und zweiter Größe*). — Die erst später, mit wachsender Dunkelheit, auftauchenden bezeichnet man nach dem Grade ihres Glanzes mit dem Namen dritter, vierter ꝛc. bis etwa neunter Größe.

138.

Ganz ordnungslos scheinen sie neben einander geworfen zu sein; dort stehen einige in einem Drei-, Vier- oder Fünfeck, hier reihen sich viele zu einem Kreise aneinander, oder bilden eine andere Gruppe eigenthümlicher Art. Haben wir einmal eine solche Gruppe im Geiste aufgefaßt, so können wir sie die ganze Nacht verfolgen; auch morgen und übermorgen werden wir sie zur selben Stunde so ziemlich an dem nämlichen Platze des Himmels wiederfinden. Wie wir sie heute sehen, sahen sie Andere schon vor Jahrhunderten und Jahrtausenden, wie das aus Abbildungen aus den verschiedensten Zeiten auf's Deutlichste hervorgeht. — So können wir also einen einzelnen bestimmten Stern, der sich von unzähligen andern weder durch Gestalt, noch Größe, noch Farbe unterscheidet, an seiner Lage gegen die übrigen, an seiner Stellung in einer bestimmten Gruppe, die ewig unveränderlich ist, leicht wiedererkennen.

Auf- und Untergang der Sterne.

139.

An derselben Stelle, wo am Morgen die Sonne emportauchte, sehen wir vielleicht auch einen Stern aufgehen. Er durchwandert denselben Bogen, den die Sonne am Himmel durchlief, erreicht in derselben Zeit den höchsten Punkt seiner Bahn, und sinkt auch in derselben Zeit wieder zum Horizont hinab. Am folgenden Abend sehen wir denselben Stern wieder an derselben Stelle des Horizonts, bei demselben Baum oder Haus, aufgehen.

Beobachten wir noch andere und andere Sterne, so gehen sie vielleicht an andern Punkten des Horizonts, h, O, r u. s. w., auf, und beschreiben ähnliche kreisartige Bogen, hHkH'h, OMWM'O, rRtR'r, wie die Sonne oder der zuerst beobachtete Stern, und zwar gelangen alle, so viele wir betrachten mögen, nach etwa 24 Stunden wieder zu derselben Stelle ihrer Bahn (was wir am leichtesten an dem Aufgangs- oder Untergangspunkte ersehen können), gleichsam als wäre der Himmel eine ganze Kugel, und durchliefen die Sterne vollständige Kreise, nur vom Untergang bis zum Aufgang an dem Theil des Himmels, den wir uns unter der Erde weggehend denken müßten.

---

*) Besser wohl: erster und zweiter Helligkeit.

Polarstern, Nordpol.

140.

Stellen wir uns aber so, daß die Gegend des Sonnenaufgangs uns zur Rechten liegt, so erblicken wir auch Sterne, die gar nicht auf= und untergehen, sondern immer engere und engere Kreise, NnN, CcC, und zwar, wie es scheint, um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt P, durchlaufen. Ein ziemlich heller Stern zweiter Größe beschreibt unter allen mit bloßem Auge sichtbaren Sternen den kleinsten Kreis; ja dem blos oberflächlichen Beobachter scheint er Jahr aus Jahr ein — von derselben Stelle der Erde aus betrachtet — an demselben Orte P des Himmels zu stehen. — Er heißt Polarstern; der Mittelpunkt seines Kreises, also beinahe er selbst, Nordpol.

141.

Um ihn zu finden, stellen wir uns in A (Fig. 41), unserm Standpunkt, so, daß wir Sonnenaufgang zur Rechten haben. Da werden wir bald die Gruppe von 7 hellen Sternen (Fig. 42) finden, die die Griechen das Sternbild des großen Bären nannten; denken wir uns durch die 2 letzten Sterne desselben, a und b, eine Linie über b hinaus verlängert, so treffen wir, etwa 5 mal so weit von b, als b von a entfernt ist, in einer an hellen Sternen armen Gegend des Himmels, auf den Polarstern. Er ist der letzte einer ähnlichen Gruppe von 7 Sternen, die nur bedeutend matter schimmern, als die des großen Bären, und das Sternbild des kleinen Bären ausmachen. Da alle übrigen Sterne den Nordpol innerhalb etwa 24 Stunden in der Richtung der Pfeile umkreisen, so erblicken wir den großen Bären zu verschiedenen Stunden der Nacht bald unter, bald über, bald rechts, bald links vom Polarstern. — Dabei ist es auch, wie (287) pp. zu sehen, nicht einerlei, an welchem Tage man ihn beobachtet. — So z. B. steht er

im Januar	gegen 5	Uhr	Abends	unter dem Nordpol.
„ Februar	„ ½6	„	„	rechts unten vom N.
„ März	„ ½7	„	„	rechts vom N.
„ April	„ ½8	„	„	rechts oben vom N.
„ Mai	„ ½9	„	„	über dem N.
„ Juni	„ 10	„	„	links oben vom N.
„ Juli	„ ½11	„	„	links vom N.
„ August	„ ½9	„	„	links vom N.
„ Septemb.	„ ½8	„	„	links vom N.
„ October.	„ 6	„	„	links etwas unten vom N.
„ Novemb.	„ ½6	„	„	links unten vom N.
„ Decemb.	„ 5	„	„	unter (etwas links) dem N.

Zenith, Nadir.

142.

Denken wir uns durch unser Auge gehend eine horizontale Ebene, etwa die erweiterte horizontalgestellte Ebene des Theodolithenlimbus NhOrStWkN (Fig. 41), darauf eine senkrechte, also Verticallinie, durch unser Auge AZ, so trifft diese am Himmel einen Punkt Z, gerade über unserem Kopfe, der unser Zenith heißt. Durch die Erde hindurch verlängert würde diese Linie den Himmel, falls er wirklich unter uns fortgeht, in einem Punkte N' treffen, den wir unsern Nadir nennen wollen.

Meridian.

143.

Längs dieser verticalen Linie können wir bekanntlich (47) unzählige auf der Horizontalebene senkrecht stehende, also verticale Ebenen legen. An unserm Theodolithen beschreibt die um ihre Axe xx gedrehte Visirlinie in jeder Stellung der Alhidade eine solche Verticalebene. Eine davon ist uns besonders wichtig. Es ist die, welche durch den Nordpol des Himmels geht (39). Sie durchschneidet über und unter uns den Himmel in einem größten Kreise NcPCZnHMRSN'....N, der der Meridian für unser Auge heißt, und in welchem alle Sterne in ihrer Bahn den höchsten Stand über dem Horizont erreichen, d. h. culminiren.

Mittagslinie.

144.

Ferner durchschneidet diese Ebene des Meridians die Horizontalebene in einer geraden Linie NAS (Fig. 41), der Mittagslinie, welche unsern Horizont in 2 Punkten N und S trifft, die Nordpunkt und Südpunkt heißen.

Leicht kann man mit dem Theodolithen den Nordpunkt des Horizonts finden. Man braucht ja nur den Limbus horizontal und die Alhidade so zu stellen, daß die Visirlinie durch den Nordpol (Polarstern) geht, und letztere dann so weit zu neigen, bis sie den Horizont trifft. Findet man da am Horizont vielleicht grade einen unterscheidbaren Gegenstand, z. B. einen Baum, so kann man auch ohne Theodolithen den Nordpunkt für den nämlichen Standpunkt, z. B. ein Zimmer oder einen Platz in einem Garten, immer leicht wiederfinden. — Für Sternwarten läßt man in der Richtung von A nach N wohl einen Stein setzen, wenn sich nicht schon irgend ein bemerklicher Gegenstand darin befindet. Ein solcher fixirter Nordpunkt dient auch dann umgekehrt, wenn der Polarstern, etwa wegen bedeckten Himmels, nicht sichtbar ist, den Meridian zu finden.

Windrose.

145.

Die Mittagslinie giebt uns von unserem Standorte aus 2 Richtungen nach Punkten des Horizonts (Himmels- oder Weltgegenden genannt), dem Süd- und Nordpunkt. Von den unzähligen andern Punkten des Horizonts, nach denen man von einem Orte aus sich wenden könnte, bekommen einige noch andere bestimmte Namen. Eine Linie senkrecht zur Mittagslinie trifft den Ost- und Westpunkt (Fig. 44). — Zwischen diesen vier, 90° von einander entfernten, Punkten, den Cardinalpunkten, liegen in der Mitte zwischen je zweien, bezüglich: Nordost, Südost, Südwest, Nordwest (benannt von den 2 benachbarten Himmelsgegenden, so daß die Wörter Nord und Süd in den Zusammensetzungen vorangestellt werden); zwischen je zweien dieser 8, neue 8 Punkte (deren Namen durch Zusammensetzung der nächstnachbarlichen gebildet werden, wobei das einfache Wort voransteht), nämlich: Nord-nordost, Ost-nordost, Ost-südost, Süd-südost, Süd-südwest, West-südwest, West-nordwest, Nord-nordwest. — Von diesen 16 Richtungen bilden je 2 einander nächste einen Winkel von $22^{1}/_{2}{}^{o}$. — Immer $11^{1}/_{4}{}^{o}$ entfernt zu beiden Seiten einer jeden der 8 ersten liegen dann noch 2 Punkte, die folgende Namen führen:

Bei	Nord	liegt	Nord gen West	und	Nord gen Ost.
„	Nordost	„	Nordost gen Nord	„	Nordost gen Ost.
„	Ost	„	Ost gen Nord	„	Ost gen Süd.
„	Südost	„	Südost gen Ost	„	Südost gen Süd.
„	Süd	„	Süd gen Ost	„	Süd gen West.
„	Südwest	„	Südwest gen Süd	„	Südwest gen West.
„	West	„	West gen Süd	„	West gen Nord.
„	Nordwest	„	Nordwest gen West	„	Nordwest gen Nord.

Diese Fig. 44 mit den 32 Himmelsgegenden heißt Windrose, weil die Seefahrer, bei denen sie eine Hauptrolle spielt, nach ihr die Richtung des wehenden Windes und daher ihres Weges bestimmen. — Sie so horizontal legen, daß die Linie Süd-Nord mit der wirklichen Mittagslinie an einem bestimmten Punkt zusammenfällt, heißt: sie orientiren.

146.

Um dies auszuführen, hat uns die Natur in der Eigenschaft eines Steins, des Magnetsteins, ein einfaches Mittel dargeboten. Eine Stahlnadel, die man auf einer Spitze horizontal frei balanciren läßt, richtet sich, wenn sie mit jenem Steine bestrichen worden, bei uns in Deutschland immer etwa nach Nord-Nordwest. Befestigt man daher eine Magnetnadel so unter eine Windrose, daß die Richtung der Nadel mit der Linie Süd-südost nach Nord-nordwest zusammenfällt, und läßt sie mit sammt der Windrose auf einer Nadel frei schweben, so fällt die Linie S. SO nach N. NW mit der wirklichen Richtung zusammen, und

mithin deuten auch alle übrigen Pfeilspitzen der Figur nach den richtigen Weltgegenden. — Diese Vorrichtung ist unter dem Namen Compaß bekannt. [In verschiedenen Ländern und Meeren auf der Erde ist übrigens die Richtung der Magnetnadel nicht dieselbe; so giebt es manche Orte auf der Erde, an denen sie genau nach Norden zeigt. Auch an einem und demselben Orte ändert sich diese Richtung im Laufe der Jahrhunderte.]

Polhöhe.

147.

Der Winkel, den in Fig. 41 die Linie AP von unserem Auge nach dem Nordpol des Himmels und AN die Mittagslinie bilden, oder was einerlei ist, der Bogen des Meridians NP vom Nordpunkt bis zum Polarstern, der also gleichsam die Höhe des Pols über dem Horizont in Graden angiebt, heißt die Polhöhe. Nach (61) kann diese Polhöhe mit dem Theodolithen unmittelbar gemessen werden, da sie zugleich der Neigungswinkel der PA gegen die Horizontalebene ist. — Für Orte in Deutschland beträgt sie etwa 50°.

Höhe und Azimuth.

148.

Ganz ähnlich wie wir die Höhe des Polarsternes über dem Horizont messen konnten, können wir auch bei jedem andern Stern — freilich, weil dieser sich bewegt, nur für einen bestimmten Augenblick — seinen Abstand vom Horizont in Graden ermitteln. Richten wir nämlich die Vistrlinie des Theodolithen bei horizontalem Limbus nach einem Stern, und lassen das ganze Instrument unverrückt, so können wir, während der Stern seine Bahn weiter verfolgt, die Höhe desselben, xo (Fig. 43), für jenen Augenblick unmittelbar am Höhenkreis ablesen. Durch Beobachtung des Zeigers i auf dem Limbus können wir hernach auch noch den dazu gehörigen Neigungswinkel der durch unsern Stern gehenden Verticalebene ZAx mit der Meridianebene ZAS finden. Diesen Winkel, der auch durch den Bogen Sx oder den Winkel SAx gemessen wird, hat man beliebt, Azimuth zu nennen.

Tägliche Bahnen der Sterne.

149.

Mäßen wir von einem bestimmten Stern für sehr viele aufeinander folgende Orte desselben am Himmelsgewölbe (Fig. 43) die Höhenwinkel xo, $x'o_1$, No_2 u. s. w. nebst den dazu gehörigen Azimuthalwinkeln SAx, SAx', u. s. w., so könnten wir alle diese Orte, die der Stern in seiner Bahn o o_1 o_2 o_3 . . . einmal durchlaufen, auf einer kleinen Kugel nachbilden. Denken wir uns zu dem Ende nur den Kreis NOSWxx'N als eine am Rande, von S anfangend, in Grade einge-

theilte Scheibe, darüber eine Halbkugel von Glas; die AZ als einen senkrecht zur Scheibe befestigten Stift, und um diesen, als Axe, eine viertelkreisartige Verticalebene ZoxA, deren Bogen xoZ von x bis Z in 90° getheilt wäre, drehbar, so könnten wir jedesmal die Verticalebene mit dem Punkte x auf den, beim wirklichen Stern gefundenen, Azimuthalgrad stellen und den Ort des Höhengrades auf xoZ mit einem Zeichen auf der Glaskugel markiren.

150.

Je näher diese ortbestimmenden Punkte aneinander kommen, d. h. je mehr Ortsbestimmungen wir gemacht haben ꝛc., desto genauer wird unser Bild von der Sternbahn werden. Zeichneten wir die Bahnen sehr vieler Sterne auf diese Weise, so würden wir bald die wichtigen Resultate finden:

1) daß alle Bahnen wirklich Kreise,
2) daß die Ebenen derselben parallel sind; daß also die Sterne sich in Parallelkreisen bewegen, deren gemeinschaftlicher Pol der Polarstern ist (und daß alle Bahnebenen auf der Linie AP (Fig. 41) von unserem Auge zum Nordpol senkrecht stehen), und
3) vorausgesetzt, daß wir beim Auftragen jener Punkte o_1 o_2 o_3 u. s. w. auch noch bei jedem die Stunde, Minute und Secunde genau geschrieben hätten, zu welcher der Stern da gestanden, — daß die Bewegung der Gestirne mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von Statten geht, d. h. daß jeder Stern in derselben Zeit, z. B. einer Minute, auch gleich viele Grade, Minuten und Secunden in seiner Bahn durchwandert.

151.

Ferner erkennen wir noch:

Die Ebenen der Parallelkreisbahnen durchschneiden die Ebene unseres Horizontes (die Erdoberfläche) in Linien, hk, OW, rt (Fig. 41), die auf der Mittagslinie NS senkrecht stehen. Daher liegen die Durchschnittspunkte eines derselben mit dem Horizontkreis immer gleichweit, der eine vom Ostpunkt, der andre vom Westpunkt, nach Norden oder Süden zu entfernt. So ist z. B. Bogen Oh = Wk; Or = Wt. —

Der größte Parallelkreis, der Aequator, OMWM′, geht durch den Ost- und Westpunkt und unsern Standpunkt A.

Die Punkte der Parallelkreise, welche die größte Höhe über dem Horizont haben, liegen alle in dem Meridian NPHMS und zugleich genau in der Mitte des über dem Horizont befindlichen Theils des Parallelkreises. So ist Bogen hH = Hk, OM = MW, rR = Rt. Der höchste Punkt des Aequators ist M, und liegt (weil NPHMS = 180°, NP = 50°, PM = 90° beträgt, also MS = 40° sein muß) 40° über dem Südpunkt S; H höher, etwa 64°, R tiefer, etwa 16°.

Sonne und Mond.

152.

Während alle Sterne (einige wenige, mit denen wir später näher bekannt werden wollen, ausgenommen) Jahr aus Jahr ein an demselben Punkt des östlichen Horizonts Nh Or S aufgehen und immer auch an einem und demselben Punkt des westlichen Horizonts, Nk Wt S, untergehen, machen die zwei größeren Körper am Himmel, die Sonne und der Mond, davon eine Ausnahme.

153.

Am 21. März eines jeden Jahres geht die Sonne um 6 Uhr Morgens gerade im Ostpunkt auf, um 6 Uhr Abends im Westpunkt unter. Während ihres zwölfstündigen Laufes durchwandert sie am Himmel gerade die Hälfte des Aequators und erreicht zu Mittag also eine Höhe von 40°.

Von da an rücken jeden Tag die Auf- und Untergangspunkte weiter nach Nordost und Nordwest, die Sonne durchläuft immer andre und andre, dem Nordpol P nähere, Parallelkreise, erreicht eine immer größere Mittagshöhe und verweilt immer längere und längere Zeit über dem Horizont, bis sie am 21. Juni in h, fast im Nordost, auf-, in k, Nordwest, untergeht, dabei eine Mittagshöhe SH von fast 64° erreicht und, weil etwas mehr als $^{2}/_{3}$ des Parallelkreises hH kH' über dem Horizont liegen, auch etwa 17 Stunden, von Morgens halb 4 bis Abends halb 9, am Himmel steht. —

154.

Vom 21. Juni an gehen die Auf- und Untergangspunkte wieder zum Ost- und Westpunkt zurück. Die Mittagshöhe nimmt wieder ab, und mit ihr die Tageslänge, bis die Sonne am 23. September wieder den Aequator durchläuft und der Tag wieder 12 Stunden dauert. In dem nächsten Vierteljahr weichen die Auf- und Untergangspunkte immer mehr und mehr nach Südost und Südwest ab; die Sonne erreicht eine immer geringere Mittagshöhe, durchläuft einen immer kleineren Theil ihres jedesmaligen Parallelkreises über dem Horizont, bis am 21. December der kürzeste Tag eintritt, wo die Sonne in r, fast im Südost, um 8 Uhr Morgens aufgeht, um Abends 4 Uhr in t, im Südwesten, schon zu versinken, nachdem sie in ihrem höchsten Punkte, in R, zu Mittag kaum 16° über dem Südpunkt gestanden. —

Von da an nähern sich die Auf- und Untergangspunkte wieder dem wahren Ost- und Westpunkte, die Mittagshöhe wird größer, die Tage wieder länger, bis am 21. März von Neuem ein solcher jährlicher Cyclus beginnt.

155.

Den Mond erblicken wir zuweilen als eine runde, goldfarbige, mildleuchtende Scheibe. — Zuweilen erscheint diese nur halb, oder wohl gar zu einer Sichel zusammengeschmolzen, die ihre Spitzen bald nach Osten bald nach Westen kehrt. — Auch er beschreibt täglich einen Parallelkreis am Himmel, aber, weit schneller wechselnd als die Sonne, immer andere und andere. Daher sind auch die Auf- und Untergangspunkte, sowie seine größte Höhe über dem Horizont großem Wechsel unterworfen. Letztere kann bis zu 69° wachsen, aber auch bis zu 11° abnehmen.

156.

Erscheint er uns heute als volle leuchtende Scheibe, als Vollmond, so ging er bei Sonnenuntergang auf, und scheint die ganze Nacht hindurch. Morgen Abend — und so alle folgende Tage — geht er volle $^3/_4$ Stunden später auf, als am vorhergehenden Tag. Dabei nimmt sein Licht ab, d. h. es verschwindet ein Theil seiner Scheibe zu unserer rechten Hand. Nach 7 Tagen ist nur noch die linke Hälfte der Scheibe übrig, — es ist letztes Viertel. Als solches geht er spät, gegen Mitternacht auf. Sein Untergang wird nicht bemerkt, weil dieser in die Tagesstunden fällt. Wenn der Mond noch hoch am Himmel steht, erblaßt er vor dem strahlenden Licht der aufgehenden Sonne.

Immer kleiner wird jetzt der leuchtende Theil seiner Scheibe, die nur noch die Gestalt einer Sichel hat, die ihre Spitzen nach Westen kehrt. Er geht in den Morgenstunden, von Tag zu Tag immer kürzere Zeit vor der Sonne auf, wird daher nur kurze Zeit am östlichen Himmel gesehen, weil ihn sehr bald das zu starke Tageslicht übertäubt.

157.

Etwa 14 Tage nach dem Vollmond scheint er ganz vom Firmamente verschwunden zu sein. Man sagt dann, es sei Neumond. — Einige Tage nach dem Neumond aber erscheint er wieder als schmale Sichel, die jetzt ihre Spitzen nach Osten zu kehrt, Abends kurz vor Sonnenuntergang am westlichen Himmel, bis er 7 Tage nach dem Neumond als halbe Scheibe, erstes Viertel genannt, bei Sonnenuntergang hoch am Himmel erscheint, um gegen Mitternacht unterzugehen.

Der erleuchtete Theil seiner Scheibe fährt immer fort zu wachsen. Man erblickt ihn bei Sonnenuntergang dem östlichen Himmel immer näher und näher, bis er endlich, 14 Tage nach Neumond, 4 Wochen nach dem ersten Vollmond, wieder als Vollmond erscheint, um diesen monatlichen Cyclus seiner Erscheinungen von Neuem zu beginnen.

158.

Die größte Höhe des Mondes über dem Horizonte (seine Culminationshöhe, wenn er im Meridian steht) wechselt, ähnlich wie bei der Sonne, regelmäßig ab. Von einem niedrigsten Werthe wächst sie von Tag zu Tag bis zu einem größten Werthe, um wieder ebenso zu dem niedrigsten zurückzukehren. — Während aber bei der Sonne ein Jahr vergeht, bis diese vom tiefsten Mittagsstand am 21. December bis zum höchsten am 21. Juni, und wieder zum tiefsten zurückkehrte, durchläuft der Mond den Cyclus seiner Culminationshöhen schon in einem Monate.

159.

Dabei ist aber eine bestimmte Culminationshöhe des Mondes keineswegs an eine bestimmte Lichtgestalt (Vollmond, erstes, letztes Viertel 2c.) gebunden. Mit jeder seiner Lichtgestalten kann die höchste und niedrigste und jede andere Culminationshöhe zusammenfallen. — Doch haben meine Leser vielleicht schon zu bemerken Gelegenheit gehabt, daß, wenn Vollmond um den 21. Juni eintrat, der Mond dabei seine geringste Culminationshöhe hat; bei einem Vollmond um den 21. December dagegen erreicht er seine größte Höhe.

160.

Dies sind ungefähr die ersten, rohesten Beobachtungen, die jedem von uns, wenn er auch noch nie mit genauerer Sorgfalt auf die Erscheinungen des Himmels geachtet hätte, bekannt sind. Leicht könnten wir diese nun noch genauer verfolgen, doch möchte es vortheilhafter sein, um spätere Wiederholungen zu vermeiden und Zusammengehöriges nicht allzusehr zu trennen, erst unsern Standpunkt zu erweitern, zunächst erst unsern Wohnort, die Erde, etwas genauer kennen zu lernen. — Wir fragen daher zuerst nach der

Gestalt der Erde.

Ebene?

161.

Wir wissen längst, daß unsere Erde nicht blos der Kreis ist, den wir innerhalb des Horizonts übersehen, denn oft sind wir ja selbst über einen Berg, oder ein Haus, das uns einmal ganz ferne am Horizonte lag, hinausgegangen. Aber sonderbar, wohin wir auch gehen mochten, immer hatten wir dieselbe Erscheinung: um uns stets wieder den kreisförmigen Horizont, über uns die hohe Kuppel des Himmels. — Vielleicht aber ist unsre Erde eine weite Scheibe, nur sehr groß, und die fernen Länder und Städte, in die wir kommen, wenn wir zu den verschiedenen Thoren unserer Stadt hinausfahren, sieht man nur des-

halb nicht, weil entweder ein Gegenstand uns die Aussicht versperrt, oder wenn auch nicht, weil unser Auge nicht so weit trägt, weil sie uns gar zu klein erscheinen. Für eine solche große Ebene wurde die Erde von den ältesten Völkern auch gehalten.

Vorstellung der Alten.

162.

Nach der alten mythischen Vorstellungsweise der Griechen, welcher sich der Sänger Homer in seinem Heldengedichte: „die Irrfahrten des Odysseus," anschloß, die er aber wahrscheinlich auch nach eigener Phantasie noch ausschmückte und erweiterte, ist die Erde eine kreisrunde Scheibe, in deren Mittelpunkt „der vom Schnee erglänzende, mit Wolken verhüllte" Berg Olymp, der Sitz der Götter, emporragt. — Rings um die Erdscheibe fließt der tiefe Strom Okeanos. Auf dessen jenseitigem Ufer ruht das eherne oder eiserne Kuppelgewölbe des Himmels; dieser wird von Säulen unterstützt, die im Westen der riesige, personificirte Berg Atlas auf seinen Schultern trägt. Weit im äußersten Osten liegt der Sonnenteich, aus dem sich am Morgen der Sonnengott Helios mit seinem Viergespann erhebt und hoch über der Erdscheibe „strahlend" dahin fährt, um sich am Abend in die Fluthen des Okeanos zu senken. Während der Nacht fährt er dann um die nördliche Hälfte der Erde wieder zum Osten zurück.

163.

Ganz ähnliche Vorstellungen finden sich auch in den biblischen Urkunden. Auch nach ihnen wird die runde Erdscheibe von einem Meere rings umflossen, aus dem die 4 Ströme: Pison, Gihon, Hidekel und Phrat entspringen, und ist von einem festen Himmelszelt überdeckt. — Auf dem Mittelpunkte der Erde liegt Jerusalem.

Einwürfe gegen die ebene Gestalt der Erde.

Veränderung der Polhöhe auf Reisen nach Nord oder Süd.

164.

Aber früh schon fielen den nachdenkenden Reisenden allerhand wunderliche Erscheinungen auf. — Macht man nämlich nach Norden zu eine etwas weitere Reise, und mißt unterwegs öfter die Polhöhe, so findet man diese immer größer, je weiter man nach Norden geht, während sie immer abnimmt, je weiter man nach Süden gelangt. Dies allein wäre freilich auf den ersten Blick sehr erklärlich; denn zeichnen wir uns in Fig. 45 die Meridianebene aus Fig. 41 ab, so werden, wie wir leicht mit dem Transporteur messen können, die Winkel PuN, Pu'N, Pu''N u. s. w. immer größer, während von einem weiter nach S gelegenen Standpunkte w die Polhöhe PwN, und noch mehr Pw'N

kleiner ist als PAN. — Aber mit dieser Veränderung der Polhöhe sind zugleich auch andere räthselhafte Erscheinungen auf's Innigste verknüpft.

165.

Begiebt man sich nämlich nach Norden zu, so wird man bald gewahr, daß Sterne, wie z. B. H (Fig. 41), die, von A aus gesehen, einen Parallelkreis beschreiben, dessen kleinerer Theil kH'h unter der Horizontalebene liegt, gar nicht mehr auf- und untergehen, sondern, wie z. B. ein Stern des großen Bären bei uns, einen ganz sichtbaren Kreis über dem Horizont beschreiben, während ein anderer Stern, z. B. R (Fig. 41), der, in A gesehen, einen kleinen Theil seines Bogens rRt am südlichen Himmel über dem Horizont durchlief, ein immer kleineres Stück seiner Bahn zeigt, bis er endlich beim Weitergehn nach Norden den Horizont nur noch eben im Südpunkt streift und endlich gar nicht mehr gesehen wird. Reis't man aber nach Süden, so findet man eine ähnliche, aber entgegengesetzte Erscheinung. Sterne am nördlichen Himmel, die für einen Beobachter in A nicht untergehen, streifen immer niedriger über dem Horizont her, bis auch sie auf- und untergehen, d. h. einen Theil ihres Laufes unter dem Horizont vollenden; die südlichen Sterne dagegen erheben sich immer höher, und neue tauchen mit einem Bogen ihrer Bahn über den Südpunkt herauf.

166.

Wären wir auf einer Ebene NOSW (Fig. 41) von A nach N oder S gegangen, so wären alle jene Erscheinungen schlechterdings unmöglich; wenn für den Standpunkt A z. B. der Stern H den Bogen kH'h unter dem Horizont vollendet, so muß er es auch für jeden andern Standpunkt auf der Ebene zu thun scheinen. — Es ist so, als wären wir auf einem Brette gewandelt, das auf einem Balken OW balancirt und herunterſinkt, sobald wir nach N zu gehen. Wäre nämlich durch dieses Sinken die Ebene NOSW etwa in die Lage M'OMW gekommen, während alles andere unverändert geblieben, so würde jetzt PAM', die Polhöhe, größer als vorher PAN sein und zugleich der Stern H seinen Lauf ganz über dem Horizont M'OMW beschreiben, während von der Bahn des R gar nichts mehr gesehen würde, alles übereinstimmend mit den Erfahrungen. — Aber was hätte denn wohl in aller Welt dieses Herabsinken der NOSW bewirken können, das so genau grade mit unserm Gehen nach Norden zusammenhing? Doch nicht das Gewicht unseres Körpers? Denn bleiben wir ruhig stehen, und bewegen sich andere weit gewichtigere Massen auf der Ebene, so hat das ja nicht die geringste Wirkung. — Und gingen 2 von A aus, der eine nach Norden und der andere nach Süden, so müßte diesen beiden zu Gefallen die Ebene zu gleicher Zeit unter N und S sinken, für einen dritten in A Bleibenden aber unverändert bleiben, gleichsam als bräche die Ebene in OW von einander, oder als böge sie sich wenigstens um den Balken OW.

Verschiedene Tageszeiten nach Osten oder Westen zu.

167.

Ebenso unvereinbar mit der Annahme, wir wohnen auf einer unbeweglichen Ebene NOSW, ist auch noch eine andere Erfahrung, auf die man bald aufmerksam wurde. — Es giebt Erscheinungen am Himmel (z. B. eine Mondfinsterniß), die, wie z. B. das Erlöschen eines Lichts, von allen Orten, wo man sie überhaupt sieht, in *demselben Augenblicke* gesehen werden müssen. Erblickte nun z. B. Jemand eine solche plötzliche Erscheinung um Mitternacht, so erzählte ihm später ein anderer, weiter nach Westen Wohnender, daß in jenem Augenblicke die Sonne kaum untergegangen gewesen, während ein Beobachter an einem viel weiter nach Osten gelegenen Orte behauptete, er habe jenes Phänomen in der Morgendämmerung gesehen.

168.

Lägen die Wohnorte der 3 Beobachter in der Geraden OAW (Fig. 41), also in einer großen Ebene der Erdscheibe, so müßten doch alle das Auftauchen der Sonne über den Horizont etwa bei O (Fig. 41) in demselben Augenblicke gesehen haben, es wären dann also seit Sonnenaufgang für alle drei gleichviel Stunden verflossen bis zum Eintritte jenes Phänomens, und unmöglich hätte also der eine Mitternacht haben können, als der andere Abend und der dritte Morgen hatte. — Es ist auch hier wieder, als wäre NOSW um NS nach O und W heruntergebogen; dann sieht nämlich der zwischen A und W Wohnende die Sonne später über seinen Horizont kommen, er fängt also seinen Tag später an als A, kann also recht gut erst Abend haben, wenn es in A schon Mitternacht ist, während der Beobachter zwischen A und O die Sonne früher über seine gesunkne Ebene auftauchen sieht, also den Tag früher anfängt, daher Morgen haben konnte, als A noch 5 bis 6 Stunden warten mußte, bis ihm die Sonne den neuen Tag verkündete.

Von entfernten Gegenständen sieht man bei Annäherung zuerst die höchsten Theile.

169.

Als eine dritte, unsern Glauben an eine scheibenförmige Erde bedeutend erschütternde Thatsache wollen wir noch die kennen lernen, welche Seefahrer sehr häufig zu beobachten Gelegenheit hatten.

Wenn ein anderes Schiff von ihnen sich entfernte, so sahen sie es weit am Horizont verschwinden, aber wunderbar, zuerst den unteren Theil, zuletzt die Mastspitze. Und doch hätten sie in einer Ebene gewiß den weit größern Rumpf länger sehen müssen als den dünnen Mast, wäre nicht das Schiff gleichsam in einen Graben gesunken. — Näherte sich ihnen aber ein Fahrzeug, so tauchte ihnen zuerst wieder die Mastspitze über den Meeresspiegel empor, erst nach und nach wurden die tiefern Theile des Schiffes sichtbar, als stiege es aus einem Thale all-

mälig bis zu gleicher Höhe mit den Beobachtern herauf. Hernach aber behauptete das sich entfernende oder sich nähernde Fahrzeug, immer auf glatter ebener See gefahren zu sein, versicherte auch, daß es bei dem andern Schiffe ganz dieselbe Erscheinung gehabt habe.

170.

Diese Bemerkungen machten die Seefahrer auf allen Meeren und nach allen Richtungen hin, mochte ein Schiff von Ost oder West, von Nord oder Süd oder von einer andern Himmelsgegend kommen oder sich dahin entfernen. Auch auf dem Lande fand man dieselbe Erscheinung. In einer weiten Ebene sieht man von einer entfernten Stadt selbst mit den besten Fernröhren nur die Spitzen der Thürme, nähert man sich derselben, so werden sie nach unten zu frei.

Die Erdoberfläche muß gewölbt sein.

171.

Alle die erwähnten Erscheinungen, die auf einer scheibenförmigen, im Ganzen ebenen, wenn auch durch Berge und Thäler auf der Oberfläche rauhen und höckerigen Erde schlechterdings nicht vorkommen könnten, nöthigen uns zu der Annahme, daß die Erdoberfläche an jedem Punkt, wohin man bis dahin gelangte, nach allen Himmelsgegenden niedergebogen, oder — fassen wir dies zusammen — im Ganzen und Großen gleichmäßig gewölbt sei, etwa wie ein Stück der Oberfläche einer Kugel oder eines Eies.

172.

Denken wir uns (Fig. 46) ASB als ein Stück des Profils unserer muthmaßlich gewölbten Erdoberfläche, uns selbst aber in S, so werden wir von a, unserm Auge, aus, nach 2 entgegengesetzten Richtungen, z. B. Ost und West, alles erblicken, was oberhalb der, die Oberfläche der Erde bei e und e' berührenden, Linien ag und ag' liegt. Die beiden Schiffe ragen aber blos mit ihren Masten über diese Grenze des Sichtbaren hinaus, nähern sie sich uns aber, so wird immer mehr von ihnen über ag hervorragen, bis sie, in e oder e' angelangt, sich unsern Blicken vollständig zeigen.

173.

Bedeutet ferner (Fig. 47) ss ein Stück der Kreisbahn der Sonne am Himmel, so wird ein Beobachter in A sie aufgehen sehen, sobald sie den Punkt a erreicht hat, während der Ort O sie schon in o erblickt und W sie erst begrüßt, wenn sie in w angelangt ist. — Denken wir aber in Fig. 48 unter mm ein Stück des Meridianbogens, P als den Nordpol, so ist für A der Nordpunkt N, für U dagegen u und für W endlich w, und, wie leicht zu finden, Winkel PUu größer, PWw aber kleiner als

die Polhöhe PAN für den Ort A; alles mit den Erfahrungen übereinstimmend.

Sie schwebt frei im Weltraum.

174.

Worauf ruht denn nun aber wohl die Erde? Mit dieser Frage beschäftigten sich die Philosophen des Alterthums lange Zeit und ergingen sich darüber in den seltsamsten Vermuthungen. Einige glaubten, sie schwämme auf dem Wasser des Oceans, Andere: sie ruhe auf zusammengepreßter Luft, während noch Andere behaupteten, sie habe Wurzeln, die bis in's Unendliche reichten. Directe Versuche, an's Ende der Erde zu gelangen, konnten erst nach gehörig vervollkommneter Schifffahrt gemacht werden.

Weltumseglungen.

175.

Man segelte deshalb immer nach einer Richtung, z. B. nach Westen, und siehe nach Jahr und Tag gelangte man wieder an den Ort der Abfahrt zurück; aber überall hatten die kühnen Reisenden dieselbe Erscheinung gehabt, stets glaubten sie auf ebener See weiter gefahren zu sein, überall hatten sie den Himmel hoch und blau und mit Sternen besäet über sich, wie in der Heimath.

Der erste Weltumsegler war Ferdinand Magellan. Er steuerte **1519** aus einem spanischen Hafen St. Lucar gen Westen zu, um auf diesem Wege die Molucken zu erreichen, weil Papst Alexander VI. alles westlich von Brasilien liegende Land den Spaniern zugesprochen hatte. Nachdem er um Amerika's südlichste Spitze, durch die nach ihm benannte Meerenge gefahren, durchsegelte er den großen Ocean, fand aber auf einer der Philippinen in einem Gefechte den Tod. Eines seiner Schiffe jedoch langte **1521** wieder in St. Lucar an. — Seitdem sind bis auf die neueste Zeit viele Reisen um die Welt gemacht worden, unter denen die drei Reisen von Cook in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die bekanntesten sind.

176.

Durch diese Weltumseglungen wäre es also unläugbar dargethan, daß die Erde ein für sich abgeschlossener, frei im Weltraum schwebender, Körper sei. Fanden wir uns aber oben fast zu der Annahme genöthigt, daß wenigstens ein großer Theil ihrer Oberfläche kugel- oder eiförmig gekrümmt sei, so müssen wir dies jetzt von der ganzen Oberfläche annehmen, weil für jeden Punkt auf ihr alle Erscheinungen wiederkehren, die uns in (164) bis (175) unabweisbar die Ueberzeugung einer Krümmung nach allen Richtungen hin aufgedrängt hatten.

Die Erde ist eine Kugel.

177.

Weil nun die Kugel der einfachste aller Körper ist, die die erwähnten, auch bei der Erde gefundenen, Eigenschaften an sich vereinigt, so werden wir es natürlich finden, daß man sie allgemein dafür hält, und es uns schon in den zarten Kinderjahren als unläugbare Thatsache erzählt wurde.

Einwurf dagegen. Oben und unten.

178.

Nur auf einen, sehr gerecht scheinenden, Einwurf müssen wir uns hier noch gefaßt machen. Wie in aller Welt geht es denn zu, daß Leute, die auf der kugelförmigen Erde in E, D, B, C, F (Fig. 49) wohnen, nicht von ihr herabfallen? Scheint es doch, als müßte ein Mensch in D stets auf dem Boden liegen, in C sogar mit dem Kopfe an der Erde hängen; und doch gehen alle Bewohner der Erde, wo sie sich auch befinden mögen, so aufrecht, wie wir.

Haben meine Leser je beobachtet, wie zwei Wassertropfen, die man einander langsam näherte, sich gegenseitig zu einander hinneigen, ehe sie sich ganz berührten, als strebten sie sehnsüchtig, sich zu vereinigen? — Derselbe Trieb sich zu nähern, diese Anziehungskraft, wohnt tief eingepflanzt in jeglicher Materie. Jedes Kügelchen einer Masse zieht jedes Kügelchen rings um sich her an, streckt gleichsam nach allen Richtungen unsichtbare Arme aus, seine Nachbarn freundlich zu erfassen und an sich zu ziehen. — Je ferner freilich die Theilchen von einander sind, desto schwächer ist die Kraft, mit der sie sich gegenseitig anziehen, während diese in der kleinsten Entfernung, d. h. innigsten Berührung, so groß ist, daß sie die sogenannten festen Körper bildet.

179.

Ein Stein, der in der Luft schwebt, und die Erdkugel suchen sich deshalb einander zu nähern. Durch die vereinte Wirkung aller anziehenden Massentheilchen des Erdballs und des Steins bewegt sich dieser zur Erde, und die Erde nach ihm hin. — Indessen müssen wir es sehr natürlich finden, daß dabei der Erdkoloß sich weit weniger aus seiner Stelle bewegt, und für uns, die wir uns mit ihr bewegen, durchaus unmerklich, während der Stein den Weg zur Erde zurücklegt. Wir sagen dann, der Stein fällt zur Erde.

Zug nach dem Mittelpunkt der Erde.

180.

Aber in welcher Bahn bewegt sich denn der Stein? Alle Theilchen des Erdkörpers, jedes Steinbröckchen, aus denen sie besteht, zieht

den Stein in gerader Linie nach sich hin. Da aber dieser unmöglich zu gleicher Zeit allen diesen Richtungen folgen kann, so wird er eine mittlere Richtung nehmen müssen. Diese geht durch den Mittelpunkt der Erdkugel; denn nur um diese Richtungslinie herum sind die anziehenden Massentheilchen der Erde gleich oder symmetrisch vertheilt. Für jedes Erdstückchen links ist ein gleiches rechts vorhanden, zieht ihn eins nach vorn, so zieht ein ähnlich liegendes ihn nach hinten. So wird also der Stein und überhaupt jeder Körper auf der Erde von dieser in der Richtung nach ihrem Mittelpunkt angezogen, und er fällt daher so lange, bis irgend eine feste Unterlage ihn am Weiterfallen hindert; äußert aber dies Bestreben weiter zu fallen dann noch durch den Druck, den er auf diese Unterlage ausübt, oder wie wir sagen, durch sein Gewicht.

Schwerkraft.

181.

Diese Anziehungskraft, die allen Körpern, aus welcher Materie sie auch bestehen mögen, gemeinschaftlich ist, heißt Schwerkraft; die für uns so wichtige Linie von einem Körper auf der Erdoberfläche nach deren Mittelpunkt, Richtung der Schwere; sie ist dieselbe, die wir oben (48) mit dem Namen Verticallinie bezeichnet haben.

Einwurf beseitigt.

182.

Wenn wir auf der Erde stehen, so geht die Linie vom Kopf nach unsern Füßen, verlängert durch der Erde Mittelpunkt, unsre Füße sind der Erde näher, der Kopf entfernter von ihr. Was aber der Erde näher ist, nennen wir unten, was nach dem Himmel zu geht, oben. Befindet sich aber nun Jemand in D oder C (Fig. 49), so wird er von der Erde eben so angezogen wie wir in A; seine Füße streben nach der Erde zu, das Haupt ist dem Himmel zugewendet. Wird er deshalb nicht auch sagen, so gut wie wir, er stehe aufrecht, denn der Boden sei unter, der Himmel aber über ihm?

Größe des Himmels und Verhältniß der Erde zu ihm.

183.

Den Himmel haben wir im Vorigen als eine große, hohle Kugel erkannt, auf deren innerer Fläche Sonne, Mond und Sterne Kreisbahnen durchlaufen, die alle einander parallel sind, deren Ebenen alle senkrecht stehen zu der Linie von unserm Auge nach dem Polarstern (Nordpol) und deren Mittelpunkte auch alle in dieser Linie, PA (Fig. 50), liegen, die verlängert die Himmelskugel in S, dem Südpol, trifft.

Letzteren konnten wir freilich nicht sehen, weil ein Theil des Erdkörpers zwischen A und S lag.

184.

Da aber alle Sterne (einige wenige, unter andern auch die Sonne und der Mond ausgenommen) stets in derselben Lage zu einander bleiben, weshalb man sie auch Fixsterne (d. h. feststehende Sterne) genannt hat und alle, mögen sie einen kleinen oder großen Parallelkreis zu durchwandern haben, in derselben Zeit, 24 Stunden, ihren Umlauf vollenden, so stellen wir uns die Sache bequemer so vor, die Fixsterne seien an der Hohlkugel des Himmels befestigt, und die ganze Kugel wälze sich in 24 Stunden einmal mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um ihre Axe, den Durchmesser PS (Fig. 50).

Entfernung der Himmelskugel von uns.

185.

Innerhalb dieser Hohlkugel (Fig. 50) schwebt frei die kleinere kugelförmige Erde E. In der Mitte der Himmelsaxe PS liegt A unser Standpunkt, denn (147) war ja A der Mittelpunkt unserer kleinen der Himmelskugel concentrischen Glaskugel, an der wir die (183) erwähnten Bewegungsgesetze erkannt haben.

186.

Zunächst fällt uns nun die Frage auf, wie weit ist denn nun wohl die Himmelskugel, d. h. wie groß ist die Entfernung von A nach P, ihr Halbmesser, und wie viel näher ist der Punkt a dem Himmel? Wüßten wir das, so könnten wir Himmel und Erde im richtigen Verhältnisse zu einander zeichnen; denn dann hätten wir auch den Durchmesser der Erde als eine Linie, die übrig blieb, wenn wir von NA, als dem Halbmesser der Himmelskugel, die Entfernung Na hinwegnehmen.

187.

Denken wir uns, in Fig. 51 wären p und q zwei Ecken eines Hauses, so erscheint dies Haus von verschiedenen Standpunkten aus gesehen unter verschiedenen Gesichtswinkeln oder scheinbaren Durchmessern. Je näher wir dabei dem Hause stehen, desto größer ist seine scheinbare Breite, z. B. in A^2 beträgt sie 60°, in A^1 34°, in A nur 20°. Wir brauchen uns blos an folgende Erfahrung zu erinnern: sind wir mehre Stunden Wegs von ihm entfernt, so verdeckt es nur einen sehr kleinen Theil der 360° des Horizonts, kommen wir ihm aber nach und nach näher, so verdeckt es immer mehr, ja wenn wir bis vor dasselbe gekommen sind, sogar die ganze Hälfte des Horizonts, oder erscheint unter einem Gesichtswinkel von fast 180°.

188.

Nun wählen wir einmal 2 beliebige bestimmte Sterne, z. B. p und q (Fig. 50), die für einen bestimmten Augenblick etwa in einer durch den Ost- und Westpunkt gehenden Verticalebene und zwar q etwa eben so hoch über dem Ost-, als p über dem Westpunkt stehen mögen. — Wir messen die scheinbare Entfernung derselben (den Winkel pAq) und finden ihn z. B. $86^0\ 3'\ 2^1/_2''$ und können bei der außerordentlichen Güte unseres Theodolithen sicher sein, auch nicht um eine halbe Secunde falsch gemessen zu haben. Nun reisen wir weit von hier immer genau nach Süden zu, stellen uns etwa in einem Orte B auf und messen, wenn gerade dieselben Sterne gleich hoch über dem Horizont rechts und links von der Meridianebene erscheinen — wo sie dann natürlich weiter am nördlichen Himmel zu suchen sind — wieder ihre scheinbare Entfernung; aber siehe, wir finden $86^0\ 3'\ 2^1/_2''$ gerade wie in A, und doch hätten wir sie gewiß kleiner zu finden erwartet, weil wir in B weiter von ihnen entfernt sind.

Der Himmel ist unermeßlich weit von uns.

189.

Ganz ähnlich hat man nun wirklich von unzähligen Orten auf der Erde aus, zu sehr verschiedenen Zeiten, die Gesichtswinkel aller möglichen 2 Sterne gemessen, aber immer fand man sie bei denselben Sternen einerlei, nicht um eine halbe Secunde verschieden. Es sind also alle Orte auf der Erde gleich weit vom Himmelsgewölbe entfernt, es ist jeder Punkt der Erde Mittelpunkt des Himmels, d. h. die ganze Erde ist als solcher zu betrachten; wenigstens vermögen wir mit unsern feinsten Meßinstrumenten keine Abweichung von demselben zu entdecken. Daraus müssen wir nun nothgedrungen schließen, daß die Himmelskugel unermeßlich groß sei gegen die Erde, weil es nur bei verhältnißmäßig sehr entfernten Gegenständen für die scheinbare Entfernung derselben einerlei scheint, ob wir ihnen einen Schritt näher oder weiter von ihnen hinwegtreten.

190.

Um aber doch, wenigstens so ungefähr, eine Idee von dem Verhältniß der Himmels- und Erdkugel zu erhalten, wollen wir eine, der in (188) erwähnten, ähnliche Beobachtung im Kleinen machen. Wir wählen dazu 2 Bäume, die auf den fernen blauen Bergen unseres Horizonts stehen und etwa auch unter einem Gesichtswinkel von 86^0 erscheinen. Diesen Winkel messen wir mit dem besten Theodolithen mit äußerster Genauigkeit. Rücken wir das Instrument den Bäumen um einige Fuß näher, so finden wir den Gesichtswinkel fast unmerklich größer; nähern wir uns mit dem Theodolithen aber nur um $^1/_2$ Fuß, so ist durchaus kein Unterschied mehr zu merken, er mußte kleiner als eine halbe Secunde sein, sonst wäre er uns nicht entgangen.

191.

Bei der Erde und dem Himmel beträgt aber die Strecke, innerhalb der wir, dem Himmel näher oder ferner, keine Veränderung der scheinbaren Entfernung zweier Sterne mehr entdecken können, nicht einen halben Fuß, sondern gewiß wenigstens den ganzen Erdhalbmesser, und wer weiß, ob wir uns nicht vielleicht Hunderte ja Tausende von Erdhalbmessern den Sternen nähern könnten, ohne den Gesichtswinkel wachsen zu sehen. Daher muß mindestens der Radius der Himmelskugel den Erdhalbmesser so viel mal an Größe übertreffen, wie viel mal die Entfernung der Bäume von uns größer ist als ein halber Fuß.

192.

Jene fernen Berge, auf denen wir die Bäume gefunden, waren aber etwa 15 Meilen oder 30 Stunden von uns entfernt. Dies beträgt etwa 342000 Fuß oder 684000 mal einen halben Fuß. — Der Himmelsradius ist also mindestens etwa 680000 mal so groß als der der Erde. — Wollten wir daher Himmel und Erde nach diesem Verhältniß im Kleinen nachbilden, so könnten wir eine Hohlkugel von 300 bis 400 Fuß Durchmesser bilden, in welcher also eine unserer meisten Stadtkirchen sammt den Thürmen Platz fände, und in ihrem Mittelpunkt würde die Erde wie ein Stecknadelknopf schweben; in einem gewöhnlichen Zimmer als Himmelskugel aber würde man schon gute Augen brauchen, um die Erde ohne Loupe finden zu können.

Ob der Himmel im Vergleich zur Erde nicht noch größer, viel größer ist, können wir, wie gesagt, so nicht entscheiden. Noch viel ungünstiger für die Erde würde unser Resultat namentlich dann ausfallen, wenn diese etwa nicht immer unbeweglich an demselben Platz bliebe, sondern vielleicht hin und herschwankte; denn dann wäre der ganze Raum, wohin bei dieser Bewegung einmal Punkte der Erde gekommen wären, als die scheinbaren Sternentfernungen gemessen wurden, — als des Himmels Mittelpunkt zu betrachten.

Wir können daher niemals Himmel und Erde nur in entfernt richtigem Verhältniß zusammen zeichnen.

Erklärung des Horizonts.

193.

Nachdem wir im Vorigen uns hinlänglich von der Kugelgestalt der Erde überzeugt haben, wird es uns leicht werden, einzusehen, woher denn eigentlich an allen Orten, und namentlich in weiten sogenannten Ebenen, wie z. B. auf dem Meere, der kreisförmige Horizont so bestimmt entstehe.

Befindet sich (Fig. 52) unser Auge in h, so können wir von ihm aus nach allen Richtungen des Raumes gerade Gesichtslinien denken. Legen wir eine davon, bgh, so, daß sie die Kugeloberfläche grade be-

rührt, so werden in der durch sie gelegten Verticalebene (Fig. 53) mbchm alle Gesichtslinien, bi, bk ꝛc., die mit der Verticalen bc einen Winkel bilden, der kleiner ist als hbc, die Erdoberfläche in i, k ꝛc. treffen; Linien aber, wie bl, bm, ungehindert in ihrer Verlängerung bis an das Himmelsgewölbe reichen; d. h. der ganze Bogen akig der Erde wird sichtbar sein — während p, q ꝛc. unsichtbar sind, — über dem Bogen ag aber werden wir Punkte des Himmels erblicken.

194.

Drehen wir die Linie bh so um b herum, daß sie stets auf der Kugeloberfläche herstreift, so durchläuft sie eine gartenschirmartige Fläche, die wir alsbald als Kegelfläche erkennen, während wir auch leicht einsehen, daß die Linie g g^1 g^2 g^3 ...., in der sie die Kugel berührt, ein Kreis sei. Für die verschiedenen Lagen der bh, z. B. bh^1, bh^2 ꝛc., sind nun (wie ag Fig. 53) alle die Bogen ag^1, ag^2 ꝛc. von b aus sichtbar, mithin das ganze Stück der Kugeloberfläche, das von a bis an den Kreis g g^1 g^2 g^3 ꝛc. — unsern Horizont — reicht. Von allen Punkten dieses Kugelflächenstücks sagen wir, sie lägen innerhalb oder über, von allen anderen p, q ꝛc. aber, sie lägen unter unserm Horizont.

195.

Je kleiner ab wird, d. h. je näher unser Auge der Erdoberfläche kommt, desto größer werden die spitzen Winkel hbc, h'bc ꝛc., desto näher fallen die Punkte g, g^1, g^2 ꝛc. an a, desto kleiner wird der sichtbare Theil der Erde; daher sieht man vom Mastkorbe eines Schiffs weiter als vom Verdeck, auf einem hohen Berggipfel noch ferne Städte, die beim Herabsteigen in das Thal, auch abgesehen von nahen, zufällig die Aussicht hemmenden, Gegenständen, unseren Augen gänzlich entschwinden. Wird endlich ab sehr klein, wie wenn wir auf ebenem Boden auf einer weiten Sand- oder Wasserfläche uns befinden, so schrumpft der sichtbare Theil der Erdkugeloberfläche zu einem sehr kleinen Stück zusammen, das wir von einer Ebene nicht mehr zu unterscheiden vermögen — wie wir auch einen kleinen Bogen eines großen Kreises für gerade halten — während es doch immer noch eine kreisförmige Begrenzung behält.

196.

Rückt endlich b ganz nach a herab, so wird Winkel hbc ein rechter, und beim Umdrehen um bc beschreibt dann die bh eine Ebene, unsere Horizontalebene; diese steht dann, wie wir schon lange wissen, auf der Verticallinie oder dem Erdhalbmesser cb senkrecht, ist also eine Berührungsebene der Erdkugel. Sie führt den Namen scheinbarer Horizont. Bis an den Himmel erweitert gedacht, schneidet sie diesen in einem größten Kreis, der die Himmelskugel in 2 gleiche Halbkugeln theilt: in eine, die über und in eine, die unter der Horizontalebene

Das Ahnenerbe
Bücherei

liegt. — Von jedem etwas erhöhten Standpunkt b aber übersieht man mehr als die Hälfte des Himmels, vorausgesetzt, daß keine Berge oder sonstigen Gegenstände ein Stück desselben verdecken.

Scheinbarer, wahrer Horizont.

197.

Legen wir durch den Mittelpunkt M der Erde (Fig. 54) eine Ebene parallel mit der Horizontalebene durch a, so ist dies der sogenannte wahre Horizont. Er trifft die Himmelskugel in einem Kreise, der dem Durchschnitt des scheinbaren Horizonts mit dem Himmel parallel ist, und um xy, fast um den Halbmesser der Erde, von diesem absteht. — Da aber die Erde so außerordentlich klein gegen den Himmel ist, so ist ein solcher Abstand xy nur ein sehr kleiner Theil eines Kreises am Himmel; er beträgt höchstens eine halbe Secunde, und einen so kleinen Bogen vermögen wir nicht mehr als Bogen zu erkennen; er erscheint uns als untheilbarer Punkt. Der Abstand jener 2 Kreise also von einander ist von der Erde aus selbst mit den feinsten Instrumenten nicht mehr erkennbar, daher dürfen wir sagen, beide theilten die Himmelskugel in zwei gleiche Halbkugeln. Befände sich dagegen innerhalb des Himmels ein anderer, der Erde viel näherer Himmelskörper, so könnte der Abstand pq der beiden Horizonte, der in Wirklichkeit immer einen Erdradius beträgt, von der Erde aus noch unter einem meßbaren Gesichtswinkel oder einer scheinbaren Länge (27) erscheinen.

Abbildung der Erde durch Bestimmung der Lage einzelner Punkte auf derselben.

198.

Haben wir jetzt die Gestalt der Erde im Großen und Ganzen kennen gelernt, so interessiren wir uns nun, wie billig, auch für die Oberfläche derselben im Einzelnen, für die Lage der verschiedenen Länder, Städte, Berge und sonst merkwürdiger Punkte auf der Erde. — Wir möchten eine getreue Copie der großen Kugel en miniature uns verschaffen, um die Erde so betrachten zu können, wie wir es vielleicht könnten, wenn wir weit von ihr im Himmelsraume schwebten. — Dazu wissen wir keinen andern Weg, als die gegenseitige Lage der wirklichen Punkte auf der Erdoberfläche auszumitteln, und diese dann ähnlich liegend auf einer kleinen Kugel aufzutragen.

Lagenbestimmung von Punkten in einer Ebene durch „Länge und Breite“.

199.

Zunächst müssen wir also dazu eine Methode suchen, die Lage verschiedener Punkte auf einer Kugel unzweideutig zu bestimmen. — Der Ein-

fachheit wegen wird es indessen gut sein, uns die Punkte erst einmal in einer Ebene liegend vorzustellen.

Die Punkte abc...n (Fig. 55) haben eine ganz bestimmte, durch die Zeichnung angegebene, gegenseitige Lage zu einander. Wir ziehen um dieses System von Punkten die 2 aufeinander senkrechten Linien AB, AL; A heiße Anfangspunkt, AL die Richtung der Länge, AB die der Breite; und nun bestimmen wir die Lage eines jeden Punktes gegen diesen rechten Winkel auf folgende Art:

Wir gehen in AL von A aus 20 Fuße oder Zolle ꝛc., sodann von dem Punkt in AL, in welchem wir dann angelangt sind, in einer, mit AB parallelen, auf AL senkrechten, Richtung, also der Richtung der Breite, ebenfalls um 20 Fuße oder Zolle ꝛc., so gelangen wir zum Punkt c. — Um nach m zu kommen, wäre ein Fortschreiten von A aus in der Richtung der Länge von 46, in der Richtung der Breite um 8 erforderlich.

Statt dessen sagen wir kürzer:

der Punkt	c	hat die	Länge	20,	die Breite	20	
„	„ m	„	„	46,	„	8;	ferner
„	„ a	„	„	5,	„	20	
„	„ b	„	„	13,	„	20	
„	„ d	„	„	27,	„	20	
„	„ e	„	„	33,	„	20	
„	„ f	„	„	41,	„	20	
„	„ g	„	„	20,	„	30	
„	„ h	„	„	20,	„	36	
„	„ i	„	„	20,	„	44	
„	„ k	„	„	20,	„	50	
„	„ l	„	„	38,	„	37	

200.

Lägen aber auch noch Punkte außerhalb dieses rechten Winkels, so verlängert man BA (Fig. 56) nach B′, LA nach L′; muß aber dann die Richtung AB z. B. als nördliche Breite von der südlichen Breitenrichtung AB′ unterscheiden; ebenso nennt man AL′ etwa westliche, AL aber östliche Länge. Dann wird z. B.

Punkt	p	bestimmt durch	13	westliche	Länge, 8	nördl. Breite
„	q	die Angabe: er	21	östliche	„ 10	„ „
„	r	hat	12	„	„ 12	südliche „
„	s		32	westliche	„ 8	„ „

Um aber die Länge und Breite vieler Punkte gleichsam mit einem Blick, blos durch das Augenmaß, — welches Maßverhältnisse desto richtiger auffaßt, je kleiner diese Maße (innerhalb gewisser Grenzen) sind, — ohne wirkliches Messen bestimmen zu können, thut man wohl, in gleichen Abständen von einander, sowohl mit BB′ als mit LL′ Parallelen zu ziehen, wie es Fig. 56 durch die Endpunkte des 10, 20, 30sten ꝛc. Fußes, Zolles, oder Maßeinheit geschehen ist.

Zugleich überzeugt man sich dann auch davon, daß alle Punkte, die auf derselben mit LL' parallelen Linie liegen, gleiche Breite, alle aber auf derselben mit BB' Parallelen, gleiche Länge haben.

Auf einer Kugel; Anfangsmeridian.

201.

Um für eine Kugel eine ganz ähnliche Bestimmung der Lage von Punkten auf ihrer Oberfläche zu erhalten, legen wir irgend einen Durchmesser NS (Fig. 57) durch dieselbe, wodurch also die Oberfläche in 2 Punkten, dem Nordpol N und Südpol S, getroffen wird. — Längs diesem Durchmesser denken wir uns eine Ebene, die die Kugeloberfläche in einem größten Halbkreise NAS, der Anfangsmeridian heißen mag, schneidet. — Senkrecht zu jenem Durchmesser denken wir uns eine zweite Ebene durch den Mittelpunkt M gelegt; diese schneidet die Kugeloberfläche wieder in einem Kreis AVx...A, den Anfangsmeridian aber in A dem Anfangspunkte; diesen zweiten Kreis wollen wir den Aequator nennen; er oder seine Ebene steht senkrecht, sowohl zur Ebene des Anfangsmeridians, als auch zu allen den Ebenen, die als verschiedene Stellungen einer um NS als Axe drehbaren Ebene, der beweglichen Meridianebene, angesehen werden können; daher wir auch sagen, der Aequatorkreis sei senkrecht zu allen Durchschnittshalbkreisen der beweglichen Meridianebene mit der Kugeloberfläche, d. h. zu den Meridianen.

202.

Stellen wir die Kugel so vor uns, daß der Nordpol oben, NS vertical steht und A vor unserm Auge liegt, so wollen wir von A aus rechts auf dem Aequator oder nach ihm parallelen Richtungen die östliche Länge, von A aus aber links die westliche Länge zählen, während wir vom Aequator aus auf den Meridianen nach N zu die nördliche, nach S zu aber die südliche Breite abmessen. Zum Maßstabe der Entfernungen bedienen wir uns aber nicht, wie vorhin, der Längen: Fuß, Zoll 2c., sondern zählen nach Graden, Minuten und Secunden.

203.

Um also z. B. Länge und Breite des Punktes v zu bestimmen, denken wir uns den beweglichen Meridian durch ihn gehend, welcher den Aequator in V durchschneidet. Die Anzahl der Grade von A bis V ist dann des Punktes v Länge, die aber von V bis v seine Breite; so hat also z. B.

v	70° östliche Länge,	50° nördliche Breite, ebenso
x	181° östliche od. 179° westl. Länge,	0° nördl. od. südl. Breite,
y	10° westliche Länge,	20° südliche Breite,
N	unbestimmte Länge,	90° nördliche Breite,
A	0° Länge,	0° Breite.

Machen wir dabei die Bestimmung, daß die Länge von A aus links und rechts rings herum bis 360° gezählt werden solle, so erhält jeder Punkt

zwei Längen, eine östliche und westliche, deren Grade zusammen immer 360° ausmachen, während die Breite eines Punkts nie größer sein kann als 90°.

Meridian- und Parallelkreise.

204.

Zieht man wieder zur leichtern Uebersicht der Lage vieler Punkte ein ähnliches Netz (wie Fig. 56) über die Kugel, wo die der NAS (Breitenrichtung) parallelen Linien durch die Meridiankreise, die dem Aequator (Längenrichtung) parallelen aber durch die Parallelkreise vertreten werden, so findet man wieder leicht, daß alle Punkte auf demselben Meridian gleiche Länge, alle aber auf demselben Parallelkreise liegenden gleiche Breite haben, und umgekehrt, daß alle Punkte von derselben Länge auf demselben Meridian, alle aber, die dieselbe Breite haben, auf einem und demselben Parallelkreis liegen müssen; so haben p, q, y dieselbe Breite, 20° südlich; o, V, v dieselbe Länge, 70° östlich oder 290° westlich.

Für die Erdkugel. Erdaxe. Anfangsmeridian.

205.

Wüßten wir also auf der Erdkugel von allen merkwürdigen Punkten Länge und Breite auch auf einen Aequator und Anfangsmeridian bezogen, so könnten wir eine kleine Kugel ähnlich bepunkten, und auf diese Weise ein getreues Bild der Erde im Kleinen entwerfen.

Dazu müssen wir denn vor allem auf der Erdkugel erst über einen Aequator und Anfangsmeridian übereinkommen. Da aber zur Festlegung des Aequators, der Meridiane und Parallelkreise nur die Axe bestimmt zu sein braucht, so wählen wir zur Axe das, innerhalb der Erde liegende, Stückchen der vom Nordpol des Himmels durch den Mittelpunkt der Erde (oder des Himmels) nach dem Südpol gehenden Himmelsaxe. — Das dem Nordpol des Himmels zugewandte Ende der Erdaxe nennen wir Nordpol der Erde, das entgegengesetzte Südpol. — Welchen Meridian der Erde wir aber zum Anfangsmeridian wählen, bleibt dann noch unserer Willkür überlassen. Wir Deutsche pflegen den durch die pariser Sternwarte gehenden den zwanzigsten östlicher Länge zu nennen. Der Anfangsmeridian ist uns also der, welcher den Aequator in einem Punkte trifft, der von dem Durchschnittspunkt des pariser Meridians mit dem Aequator 20 Grade nach Westen entfernt ist; er geht nahe bei der canarischen Insel Ferro vorbei, deshalb nennt man auch wohl den Meridian von Ferro den Anfangsmeridian. Er geht vom Nordpol durch das nördliche Eismeer, Island, das atlantische Meer an der Westküste von Afrika vorbei durch das südliche Eismeer zum Südpol.

Geographische Breite.

206.

Wollten wir nun zuerst die geographische Breite irgend eines Ortes der Erde finden, so müßten wir einen Meridian durch denselben

legen und den Bogen, der zwischen dem Orte und dem Aequator liegt, in Graden ausmitteln. — Wäre es uns vergönnt mit unserm Theodolithen in den Mittelpunkt der Erde zu gehen, und von da die Orte der Oberfläche zu sehen, so könnten wir da bequem den Winkel oder Bogen zwischen dem fraglichen Ort und dem auf demselben Meridian liegenden Punkt des Aequators, oder den Bogen zwischen dem Ort und dem nächsten Pol, der mit der geographischen Breite zusammen stets 90° beträgt, messen.

207.

Wir sind aber nun einmal auf die Oberfläche der Erde gebannt, und da scheint die Sache doch nicht so leicht unmittelbar auszuführen; — denn einmal ist ja auf der Erde weder der Aequator noch ein Meridian etwa durch einen Strich, eine Allee oder Mauer bezeichnet — und dann, wäre das auch, wüßten wir genau in der Richtung des Meridians gerade bis zum Aequator zu kommen, hätten wir mit unsäglicher Mühe uns über Berg und Thal, über Wald und Sumpf und Meer einen Weg gebahnt, so könnten wir höchstens für einen oder den andern Ort die Länge dieses Weges in Meilen und Fußen finden. Zur Uebersetzung dieses Kreislinienstücks in Grade müßten wir aber dann erst die Länge des ganzen Erdumfangs kennen.

Polhöhe gleich der geographischen Breite.

208.

Glücklicherweise können wir aber für jeden Ort auf der Erde, an diesem selbst, mit sehr geringer Mühe einen Bogen am Himmel messen, der genau so viele Grade enthält, als die geographische Breite des Ortes beträgt.

Stellt nämlich (Fig. 58) der Kreis apbqs den durch den fraglichen Ort b gehenden Meridian, M den Mittelpunkt der Erde, p, s den Nord- und Südpol, also die Linie ps die Erdaxe, a, q die beiden Durchschnittspunkte des durch b gehenden Meridians mit dem Aequator vor, so ist Bogen bq oder Winkel bMq die geographische Breite des Orts b. Die Mp über p verlängert trifft den Nordpol des Himmels P, die Mb das Zenith des Beobachters B, die Mq das Zenith Q des Punktes q. — Die Gerade NbS aber wird, — als Durchschnittslinie der durch P und b und das Zenith von b bestimmten Meridianebene für b, mit der Horizontalebene von b, — die horizontale Mittagslinie in b bezeichnen; daher ist N der Nord-, S der Südpunkt.

209.

Zieht man von b aus die bP′ parallel mit MP, so trifft diese den Himmel in einem Punkte P′, der von dem Nordpol in Wirklichkeit zwar beinahe um den Halbmesser der Erde, in Bogen aber wegen der ungeheuren Größe der Himmelskugel noch keine halbe Secunde ent-

fernt ist. — Die mit MP parallele bP′ trifft also auch noch, so gut wie MP, den Nordpol; ebenso trifft auch die der MQ parallele bQ′ das Zenith des Aequatorpunktes q.

Leicht wird man nun finden, daß der Winkel NbP′ dem Winkel B b Q′ gleich ist (wie dies auch sein muß, weil entweder der eine oder der andere derselben an den Winkel P′bB gelegt, den rechten Winkel NbB oder P′bQ′ bilden muß), sodann daß wieder BbQ′ und BMQ gleiche Größe haben (36), weil bQ′ und MQ parallel sind. Daher haben NbP′, BbQ′ und BMQ gleiche Anzahl von Graden, Minuten und Secunden. — Der erstere dieser 3 Winkel ist aber nichts weiter als die Polhöhe für den Ort b, der letztere aber die geographische Breite von b. — So ergiebt sich also das wichtige Resultat, daß immer die geographische Breite eines Ortes und die Polhöhe an demselben — in Graden gemessen — gleich sind.

Polhöhe an den Polen und auf dem Aequator.

210.

Zum bessern Verständniß werden meine Leser wohlthun, sich diese Fig. 58 mehrmals und in größerem Maßstabe abzuzeichnen, dabei können sie das b, d. h. den fraglichen Ort immer an andere und andere Punkte zwischen p und q legen, und hernach die gezeichnete Polhöhe NbP′ und die Breite bMq mit dem Transporteur messen. — Läge b zwischen q und s, so würde der Südpol die Stelle des Nordpols bei unserer Figur vertreten müssen, und die beiden Linien von b nach dem Südpunkt des Horizonts und dem Südpol des Himmels bildeten die Polhöhe, die gleich der geographischen und zwar südlichen Breite wäre.

Insbesondere sind aber noch die beiden Fälle zur Zeichnung zu empfehlen, in welchen der Beobachtungsort mit q und wo er mit p zusammenfällt. Dann wird man finden, daß für einen Punkt q des Aequators die Polhöhe 0° ist, daß also dort der Pol im Nordpunkte (bezüglich Südpunkte) des Horizonts zu suchen ist*), während einem Beobachter in p der Pol im Zenith stehen, also die Polhöhe 90° sein wird. — Im Punkte p auf der Erde ist jede Horizontallinie Mittagslinie, weil der Polarstern, der (143 u. 144) als dritter Punkt die Lage der durch die Verticale gehenden Ebene so bestimmte, daß sie die Mittagslinie auf der Horizontalebene angab, jetzt selbst in die Verticale fällt, also die Lage der Meridianebene unbestimmt bleibt.

---

*) Der wirkliche Aequator wird auch auf der Erde nur dadurch gefunden, daß man alle Orte aufsucht, an denen der Pol im Nordpunkt des Horizonts erscheint; diese Punkte liegen dann alle in einem größten Kreis; — ebenso würde der Nordpol der Erde, an dem freilich noch Niemand gewesen ist, blos daran erkannt werden, daß dort das Zenith mit dem Nordpole des Himmels zusammenträfe.

Geographische Länge.

211.

Da man an jedem Orte die Polhöhe mittelst des Theodolithen ohne Schwierigkeiten messen kann, so kann man also die geographische Breite für alle beliebigen Punkte der Erde, zu welchen man nur gelangen kann, leicht bestimmen.

Wenden wir uns nun zu den Mitteln, die geographische Länge der Orte auf der wirklichen Erdkugel zu finden.

Denken wir uns zu dem Ende einmal den Aequatorkreis der Erde in seine 360 Grade getheilt, und durch jeden Theilpunkt und die Himmels- oder Erdaxe eine bis zum Himmel reichende Ebene gelegt. — Jede solche Ebene durchschneidet, wie wir wissen, die Erdoberfläche in einer Kreislinie, einem Meridian. — Da der Himmel mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich um seine Axe dreht, so wird dann die Sonne mit ihm regelmäßig nach und nach alle jene Meridianebenen durchdringen, wie eine glühende Kugel sie durchbrennen würde, wenn sie von Papier wären.

Uhrunterschied auf verschiedenen Meridianen.

212.

Durchdringt nun die Sonne eben eine bestimmte jener Ebenen, so haben alle Orte der Erde, die auf dem Meridian liegen, in welchem die Erdoberfläche von der fraglichen Ebene getroffen wird, Mittag (143). Da aber die Sonne von Ost nach Westen um die Erde wandelt, so wird sie die Ebene eines nach Osten zu gelegenen nachbarlichen Meridians auch früher durchdringen, die eines nach Westen liegenden aber später, als die des in der Mitte zwischen beiden liegenden Meridians; daher haben also von den Bewohnern zweier benachbarter Meridiane die des weiter nach Osten liegenden auch früher Mittag als die des nach Westen liegenden. Es läßt sich aber, wenn die Entfernung der beiden Meridiane in Graden*) bekannt ist, auch genau angeben, um wie viel Stunden, Minuten und Secunden Zeit; denn da die Sonne 360^0 mit gleichförmiger Geschwindigkeit in 24 Stunden durchläuft, so wird sie 15 Grade in 1 Stunde durchwandern; und da die Uhren an jedem Orte so gestellt werden, daß sie zu Mittag, d. h. wenn die Sonne in der Meridianebene des Ortes steht, 12 Uhr zeigen, und während eines Sonnenumlaufs auch gleichmäßig 24 Stunden durchlaufen, so werden richtig gehende Uhren an 2 Orten, deren Meridiane 15^0 von einander entfernt sind, in jedem Augenblick um eine Stunde differiren, und zwar wird die Uhr des weiter nach Westen liegenden Orts 1 Stunde nachgehen.

---

*) D. h. der Neigungswinkel der beiden Meridianebenen, der nach (46) durch einen Bogen des Erdäquators gemessen wird.

Längen- und Zeitunterschied.

213.

Umgekehrt aber, wüßte man, daß die richtig gehenden Uhren zweier Orte um 1 Stunde differirten, so könnte man daraus schließen, daß die beiden Orte auf zweien 15^0 von einander entfernten Meridianen lägen. — Gingen die Uhren $^1/_2$ Stunde verschieden, so hätten die Orte, an denen sie richtig gehen, $7^1/_2{}^0$ Längenunterschied, und zwar läge der Ort der vorgehenden Uhr so viel weiter nach Osten. — So geht also Längen- und Zeitunterschied stets Hand in Hand, und zwar giebt z. B.

ein Zeitunterschied von 1 Stunde einen Längenunterschied von 15 Graden,
„ „ „ 4 Zeitminuten einen Längenunterschied von 1 Grad,
„ „ „ 1 Minute einen Längenunterschied von 15 Bogenmin.,
„ „ „ 4 Zeitsecunden einen Längenunterschied von 1 „
„ „ „ 1 „ „ „ „ von 15 Bogensec.

zu erkennen.

Längenunterschied, ermittelt durch Uhrvergleichung.

214.

Um also den geographischen Längenunterschied zweier Orte zu finden, braucht man nur an jedem Orte eine Uhr richtig nach der Sonne zu stellen*) und dann diese Uhren miteinander zu vergleichen.

Aber wie vergleicht man denn Uhren, die vielleicht viele Meilen weit von einander entfernt sind?

Chronometer.

215.

Dazu giebt es zwei Wege: Einmal nämlich könnte man die Uhr des einen Orts nach dem andern transportiren, müßte aber dann sicher sein, daß sie während der Reise immer genau ihren Gang beibehalten habe, weil sonst nachher der Unterschied der Zeitangabe der beiden Uhren ganz anders ausfallen würde, als zur Zeit, wo sie gestellt wurden. — Gewöhnliche Taschenuhren besitzen aber keineswegs die dazu erforderliche Regelmäßigkeit des Ganges; erst in neuerer Zeit hat man gelernt, solche vortreffliche, zuverlässige, freilich auch sehr kostbare Uhren, unter dem Namen Chronometer, zu verfertigen.

---

*) Das könnte mit dem Theodolith geschehen, in dem man das Fernrohr so stellte, daß es die Meridianebene durchläuft, und wenn die Visirlinie mitten durch die Sonne geht, die Uhr 12 zeigen läßt, oder auch abwartet, bis der Schatten eines verticalen Stabs gerade nach Norden zeigt.

Plötzliche Phänomene.

216.

Ein zweites Mittel zur Uhrenvergleichung, bei welchem diese an Ort und Stelle bleiben können, ist folgendes: Man sucht zwischen den beiden Orten A und B, deren Längenunterschied man ermitteln will, einen Platz, z. B. auf einem Berge, aus, der von A sowohl als B sichtbar ist. Dort läßt man zu näherungsweise verabredeten Stunden ein Signal geben, z. B. eine Quantität Schießpulver entzünden. Diese plötzlich entstehende und wieder verschwindende Flamme wird von den beiden Orten aus beobachtet, und die Zeit, welche jede (natürlich für jeden Ort richtig gehende) Uhr zeigte, als das Signal sichtbar wurde, von den beiden Beobachtern in A und B aufgezeichnet.

217.

Zeigte die Uhr in A z. B. 7 Uhr 16 Minuten 12 Secunden, die in B aber 7 Uhr 20 Minuten 12 Secunden, als der Lichtblitz erschien, so gehen die Uhren 4 Minuten verschieden, und zwar geht die in B vor. — Der Ort B liegt also auf einem 1° weiter östlich liegenden Meridian als A, weil 4 Minuten Zeitunterschied 1° Längenverschiedenheit geben. — Wüßte man nun etwa früher schon, daß A z. B. $17^{o}\ 32'\ 14''$ östliche Länge habe, so erfährt man jetzt, daß die Länge von B $18^{o}\ 32'\ 14''$ beträgt.

Freilich ist diese Methode nur für geringere Entfernungen anwendbar; sie gewährt aber den Vortheil, daß man stehende Pendeluhren, die bedeutend leichter in der nöthigen Güte angefertigt werden können, anwenden kann.

Wirkliche Länge.

218.

Geht man auf diese Weise von einem Orte z. B. Paris aus, und bestimmt den Längenunterschied — durch Pulversignale etwa —

zwischen Paris u. Rheims aus einer Uhrdifferenz v. 6 M. 52 S. zu $1^{o}\ 43'$
„ Rheims u. Chalons „ „ „ „ 1 „ 16 „ „ „ – 19′
„ Chalons u. Verdun „ „ „ „ 4 „ 8 „ „ „ $1^{o}\ 2'$
„ Verdun u. Luxemburg „ „ „ „ 3 „ 0 „ „ „ – 45′

u. s. w., und weiß nun, daß Paris 20° Länge hat, so findet man sogleich die geographische Länge

von Rheims $21^{o}\ 43'$
„ Chalons $22^{o}\ 2'$
„ Verdun $23^{o}\ 4'$
„ Luxemburg $23^{o}\ 49'$ u. s. f.

Verspätung um einen Tag bei Weltumseglungen.

(219.)

An dieser Stelle sei es mir erlaubt, meinen Lesern noch eine wunderliche Erfahrung zu erzählen, die man im Anfang sich durchaus nicht zu erklären verstand.

Am 7. September 1522 gelangte ein Schiff, das unter Ferd. Magellan die Welt umsegelt hatte (175) wieder in der Heimath St. Lucar an. — Aber sonderbar, auf dem Schiffe schrieb man den 6. September. Sollten sich die Reisenden um einen Tag geirrt haben?

Nehmen wir der Einfachheit wegen an, St. Lucar läge unter 10° östlicher Länge, so wird Magellan, als er auf dem 340sten Meridian östlicher Länge, also 30° westlich von Lucar, sich befand, in dem Augenblicke als es in der Heimath Mittag war, erst Vormittags 10 Uhr gehabt haben, weil die Sonne noch zwei Stunden brauchte, um in seine Meridianebene zu kommen. — Als er auf dem 280sten Meridian sich befand, hatte er, 90° nach Westen von Spanien entfernt, erst Morgens 6 Uhr, während man in St. Lucar wieder 12 Uhr Mittag zählte.

Auf dem 190sten Meridian betrug der Zeitunterschied zwischen ihm und Europa 12 Stunden; er hatte also z. B. Mitternacht zwischen dem 11. und 12. Mai, wenn es in St. Lucar wieder Mittag und zwar am 12. Mai war. Reiste er noch weiter, immer nach Westen zu, so hatte er zur Mittagszeit in Spanien — eine Abendstunde des vorhergehenden Tags; war nun das heimkehrende Schiff vielleicht auf dem 100sten Meridian, etwa in der Nähe von Hindostan, also 90° östlich von der Heimath angelangt, so zählte es Abends 6 Uhr, während es dort wieder Mittag war, aber es schrieb erst den 9. Juli, wenn man in Spanien den 10ten hatte. Als es aber wieder in St. Lucar einlief, hatte es natürlich dieselbe Tageszeit, schrieb aber ganz richtig erst den 6. September, während die Zurückgebliebenen den 7ten hatten.

(220.)

Wäre mit ihm ein anderer Weltumsegler nach Osten zu ausgelaufen und zur selben Zeit wieder in Lucar angekommen, so würde dieser den 8. September geschrieben, also gar 2 Tage von ihm differirt haben.

Neuseeland ist von England etwa 180° entfernt. In dem Augenblicke also, wo es in England Mittag ist, ist es in Neuseeland Mitternacht. Kämen dort 2 englische Schiffe, das eine von Westen, das andere von Osten her in demselben Augenblicke und zwar wenn es in England grade 12 Uhr Mittags am 9. December wäre, so würde das von England aus nach Westen gereiste, in Neuseeland also von Osten herkommende Schiff sagen: es ist Mitternacht zwischen dem 8ten und 9ten, das andere, das von England nach Osten zu steuerte, aber Mitternacht zwischen dem 9ten und 10ten zählen. — So würden denn die Mannschaften der beiden Schiffe für ewig einen Tag von einander sein in ihrem Kalender.

So sind auch wirklich die Europäer in Macao (im Meerbusen der chinesischen Stadt Canton) in der Zeitrechnung um einen Tag vor denen auf der nahen philippinischen Insel Manila.

(221.)

Bei einer Reise nach Osten rechnet man also im Verhältniß der Schnelligkeit der Reise immer kürzere Zeiträume für volle Stunden, als wenn man zu Hause geblieben wäre; einem nach Westen Gehenden muß aber die Zeit viel länger werden, weil er erst für eine Stunde rechnen darf, was ihm in der Heimath vielleicht eine Stunde und 5 Minuten gewesen wäre. Auffallend kann dies freilich erst bei einer Geschwindigkeit werden, die für uns unerreichbar ist. — Reiste z. B. Jemand so schnell wie die Sonne um die Erde und ginge z. B. Mittags 12 Uhr nach Westen zu, so hätte er während seiner ganzen Reise immer Mittag, seine sonst richtig gehende Uhr würde immer vorlaufen, er müßte sie ganz stillstehen lassen, damit sie an jedem Orte die richtige Zeit zeigte; er käme also in 24 Stunden in seiner Zeitrechnung gar nicht fort, zählte also bei seiner Rückkehr noch immer denselben Tag, den er bei der Abreise geschrieben.

Ganz anders würde es aber einem nach Osten mit derselben Schnelligkeit Reisenden ergehen. — Geht er auch um Mittag aus, so kommt er, wenn seine Uhr 1 zeigt, an einen Ort, der 15^{0} von seinem Wohnort liegt; dort aber zeigen alle Uhren 2. Er rückt seine Uhr auf 2 und eilt weiter. Ist er, wenn seine Uhr nun 3 angiebt, wieder 15 Grade weiter gekommen, so ist es da 4 Uhr; kurz alle Stunden rückt er seine Uhr eine Stunde vor. Kommt er dann nach seiner Reise um die Welt wieder heim, so zählt er den folgenden Datum, wie seine an Ort und Stelle gebliebenen Landsleute. Was diese für eine Stunde rechneten, mußte er als zwei annehmen.

Längenbestimmung zur See.

(222.)

Für alle Orte auf dem Festlande*) wäre es also nach dem Vorigen nicht allzuschwer, die geographische Länge zu finden. — Auf dem Meere aber hat dies schon etwas mehr Schwierigkeiten, und doch ist gerade für den Seefahrer die sichere und schnelle Bestimmung der Länge und Breite von der äußersten Wichtigkeit, indem dies fast das einzige zuverlässige Mittel ist, zu finden, wo auf der unermeßlichen Wasserfläche er sich befindet, — denn da führt kein Wegweiser ihn zurecht, kein Meilenstein zeigt ihm, wie weit er gefahren, kein Dorf ist da, wo er sich erkundigen kann, wohin er zu steuern habe. —

Die Methode der Pulversignale fällt natürlich da ganz weg, es bleibt

---

*) Eine andere noch genauere Methode ergiebt sich aus Dreiecksmessungen s. (232) ꝛc.

ihm also nichts übrig, als ähnliche Signale am Himmel*) zu erwarten, die von allen Orten der Erde in demselben Augenblick gesehen werden, und deren Erscheinen nach einer bestimmten z. B. pariser Zeit bis auf die Secunde vorausberechnet ist. Dann braucht er nur die richtige Zeit des Ortes auf der See, wo er sich gerade befindet, zu kennen, um aus seiner Zeit und der pariser Zeit im Augenblick des Phänomens seine Längenentfernung von Paris zu erfahren; — oder er muß ein Chronometer haben, das fortwährend genau pariser Zeit zeigt; kann er dann ermitteln, wieviel Uhr es an seinem Platze sein muß — so giebt die Uhrdifferenz des Chronometers und seiner Uhr die Längenentfernung vom pariser Meridian an. — Die geographische Breite kann er dann an Ort und Stelle durch Beobachtung der Polhöhe finden.

Abbildung der Erde.

223.

Hätten wir also von allen möglichen merkwürdigen Punkten auf der Erde, von Städten, Berggipfeln, Quellen und Mündungen der Flüsse u. s. w. die geographische Länge und Breite bestimmt, so wäre es uns möglich, auf einer kleinen Kugel — Globus genannt — diese Punkte ähnlich liegend aufzuzeichnen, und uns also ein getreues Bild der Erde im verjüngten Maßstabe zu verschaffen.

Messung der Größe unserer Erde.

224.

Die nächste Frage, die uns jetzt beschäftigen wird, möchte wohl die nach der wirklichen Größe der Erde sein. —

Kennen wir von einer Kugel den Halbmesser, oder Umfang, so können wir nach (129) und (133) alle anderen Größenverhältnisse derselben alsbald durch eine leichte Rechnung ermitteln. — Wir wollen daher den Versuch wagen, einen der größten Kreise der Erde, z. B. den Aequator oder irgend einen Meridian, mit einer Elle, oder besser wohl gleich mit einem Meilenmaßstab auszumessen. — Bei einiger Ueberlegung aber schrecken wir natürlich vor der Riesenhaftigkeit dieses Unternehmens zurück; sehen aber auch sogleich, daß wir die Sache viel leichter haben können: statt nämlich den ganzen Umfang auszumessen, brauchen wir nur die Länge eines kleinen Theils desselben, z. B. eines Bogens von 1^0 oder 2^0 zu suchen, weil wir diese Länge nur 360 oder 180 mal zu nehmen brauchen, um die Länge des ganzen größten Kreises zu erfahren.

---

*) Z. B. Verfinsterung der Jupiterstrabanten.

Gradmessung.

225.

Es kommt also zunächst darauf an, ein Stück eines Meridians z. B. auf der Erde genau zu ebnen, so daß alle Punkte dieser Bahnstrecke gleichweit vom Mittelpunkt entfernt sind, und also ein richtiges Kreisbogenstück darstellen; — denn mäße man über Berg und Thal, so würde man diese Linie weit länger finden, als die reine Meridianlinie. — Dann hätte man auf diesem Pfade 2 Punkte zu bestimmen, die genau z. B. einen Grad Breitendifferenz hätten, um endlich die Entfernung dieser beiden Punkte mit dem Maßstabe genau auszumessen.

Richtung eines Meridiangrads.

226.

Wie bestimmt man aber zuerst die Richtung unseres Meridianbogens? In A, dem südlichern jener beiden Punkte, stellen wir unsern Theodolith so fest, daß die Vistrlinie nach dem Polarstern zeigt. Wird diese dann um ihre Axe gedreht, so beschreibt sie, wie wir wissen, die Meridianebene durch A, und alle Punkte, die in der Richtung der Vistrlinie liegen, sind Punkte dieser Meridianebene, deren Durchschnitt mit der Erdoberfläche ja die Meridianlinie giebt. Wir schicken nun einen Mann in dieser Richtung fort, weisen ihn durch Signale, — z. B. eine Fahne, die wir rechts oder links halten, je nachdem er rechts oder links gehen muß, um in die Vistrlinie zu kommen, und im Augenblick, wo er in derselben erscheint, herabsenken, — in die richtige Mittagslinie ein. Dort steckt er eine Stange auf und geht weiter, um in einiger Entfernung wieder auf ähnliche Weise in der Richtung nach Norden eine Stange zu befestigen. Können wir von A aus den Gehülfen nicht mehr sehen, so begeben wir uns selbst weiter nach Norden, stellen unsern Theodolith bei einer Stange auf und lassen wieder die Richtung des Meridians durch Stäbe bezeichnen; und so fort.

Messung eines Meridianbogens in Graden.

227.

Jetzt müßten wir in dieser durch die Stäbe bezeichneten Meridianlinie einen Punkt aufsuchen, der grade 1° Breite mehr hätte als A; dies hat aber keine große Schwierigkeit, denn fanden wir z. B. in A die Polhöhe oder geographische Breite $50^{o}\,3'$, so brauchen wir nur so viel weiter nach Norden zu gehen, bis wir einen Punkt gefunden haben, an dem die Polhöhe $51^{o}\,3'$ beträgt. Uebrigens ist es nicht nöthig, daß unser Meridianbogenstück genau 1° lang sei. — Wenn wir nur die Anzahl von Graden, Minuten und Secunden, die es begreift, genau wissen, so werden wir leicht finden, wie oft wir es zu nehmen haben, bis es 360° giebt.

Messung des Bogens in Längenmaß.

228.

Jetzt steht uns nun noch der schwierigste Theil unserer Operation bevor, die Ausmessung unseres Bogenstücks in Längenmaß. Da nach einer vorläufigen Untersuchung ein Grad schon eine Länge von etwa 30 Stunden Weges hat, so ist es allerdings nicht so ganz einfach, — selbst wenn wir in einer weiten ebenen Gegend uns befinden, wo also auch keine Berge zu durchgraben, keine Schluchten zu überbauen sind, um die Bahn zu ebnen — die fortlaufende horizontale Unterlage zu construiren, auf die wir die Maßstäbe legen können. Denn diese müssen natürlich in möglichst vollkommener Meridianlinie, von welcher freilich kleine Stücke immer als gradlinig angenommen werden dürfen, liegen.

(229.)

Glücklicherweise kann man aber, ohne der Genauigkeit in der Ermittelung der Länge unseres Meridianbogens Eintrag zu thun, sich auf die unmittelbare Messung nur einer verhältnißmäßig kurzen Linie beschränken und das Uebrige durch Messen einiger Winkel ersetzen, was unendlich viel leichter und fast ohne alle Vorbereitung geschehen kann.

Schon oben (83) haben wir uns überzeugt, daß man ein Dreieck vollkommen genau abzeichnen kann, wenn man nur eine Seite und die beiden anliegenden Winkel kennt. — Zeichneten wir aber das neue Dreieck so, daß wir die Seite nur halb, oder den 50sten Theil so groß, die Winkel aber ebenso groß machten als im Original, so wäre unser Dreieck dem ursprünglichen ähnlich, und die beiden übrigen Seiten würden auch die Hälfte oder den 50sten Theil der entsprechenden im ersten Dreieck betragen. — Messen wir aber dann umgekehrt eine der beiden Seiten im verkleinerten Dreieck, so können wir auch die Länge der ähnlich liegenden im großen, ohne sie zu messen, erfahren, wenn wir die kleine Seite nur 2mal oder 50mal nehmen. —

(230.)

Wären daher (Fig. 59) A, B, C z. B. 3 in einer Horizontalebene liegende Steine, auf die man den Theodolithen stellen könnte, so brauchte man nur die Linie zwischen A und B, sowie die Winkel CAB und CBA wirklich zu messen, und damit auf Papier, z. B. im tausendfach verjüngten Maßstabe (so daß ab nur $^1/_{1000}$ von AB beträgt) das Dreieck abc sehr sorgfältig und scharf zu zeichnen; das Tausendfache der Linie bc würde uns dann die Länge der wirklichen Linie zwischen dem Steine B und C geben. Betrachteten wir dann CB als bekannte Seite, mäßen auf C und B die Gesichtswinkel DCB, DBC mit dem Theodolithen und zeichneten das Dreieck cbd auf Papier, dem wirklichen in der Natur ähnlich, so könnten wir wieder durch Messen der Linien bd und cd

die Länge von BD und CD erfahren; — ja mäßen wir ad, so würde diese 1000mal genommen auch der Linie AD gleich sein müssen.

(231.)

Wenn also z. B. (Fig. 60) A, B, C drei ausgezeichnete Punkte sind, wovon etwa B und C in der Horizontalebene liegen, C aber eine Thurmspitze sein mag; so will man das Dreieck ABC', dessen dritter Punkt C' die Horizontalprojection von C ist, nachbilden, aber gerade vermöge der Eigenschaft des Theodolithen, daß der Zeiger i der Alhidade durchaus nicht verrückt wird, mögen wir die Visirlinie von A oder B aus nach der Thurmspitze oder nach deren Projection auf die Horizontalebene richten, dürfen wir, statt des eigentlich verlangten Punktes C', der mit A, B in derselben Horizontalebene liegen muß, auch die Thurmspitze wählen; daher hier der Theodolith recht eigentlich an seinem Platze ist.

Dreiecknetz.

(232.)

Gesetzt nun, SN (Fig. 61) wäre ein Meridian, A und H zwei Punkte in ihm, B, C, D, E, F, G andre links und rechts von ihm liegende ausgezeichnete Punkte, so bilden die Projectionen aller dieser Punkte auf die durch A gehende reine Kugeloberfläche der Erde ein Dreiecknetz, das wir im Kleinen ähnlich zu copiren suchen wollen. —

Daher können wir immer mit horizontalem Limbuskreis des Theodolithen

im Punkte	A,	den Winkel	CAB	
" "	B,	" "	ABC,	CBD
" "	C,	" "	BCD,	DCE, ECF
" "	D,	" "	CDE	
" "	E,	" "	CEF,	FEG
" "	F,	" "	EFG,	GFH
" "	G,	" "	FGH,	

so wie die verhältnißmäßig kleine Linie AB auf ganz horizontaler Unterlage mit Maßstäben, messen,

sodann auf Papier eine Linie ab ziehen, dieser etwa nur $^1/_{5000}$stel der Länge der wirklichen AB geben und daran mit Hülfe des Transporteurs, mittelst

der Winkel CAB, CBA das Dreieck abc, wodurch sich ac, bc ergiebt,

" "	BCD,	CBD	" "	bcd,	"	"	bd,	cd "
" "	CDE,	DCE	" "	cde,	"	"	ce,	de "
" "	ECF,	CEF	" "	cef,	"	"	cf,	ef "
" "	EFG,	FEG	" "	efg,	"	"	eg,	fg "
" "	FGH,	GFH	" "	fgh,	"	"	fh,	gh "

mithin auch der Punkt h sich ergiebt, zeichnen.

Dadurch wird das Dreiecknetz abcdefgh dem wirklichen aller Projectionen der Punkte A, B, C, D, E, F, G, H auf die Kugelfläche ähnlich. —

Messen wir sodann an unserer Zeichnung die Linie ah, so ist deren 5000facher Werth die Länge des wirklichen Meridianbogens A H.

(233.)

Gesetzt, wir hätten die A B gleich 5000 Fuß gefunden, wonach also die ab einen Fuß lang gezeichnet wäre, und es wäre die ah $45^{171}/_{250}$ Fuß lang geworden, so wäre AH gleich $45^{171}/_{250}$ mal 5000, d. h. 228420 Fuß oder 10 Meilen. — Fänden wir nun außerdem noch, daß der Polhöhenunterschied in A und H 40 Minuten oder $^2/_3$ Grad betrüge, so wäre also ein Bogen von $^2/_3{}^0$ auf der Erde 10 Meilen, also 1^0 15 Meilen lang, mithin der ganze Erdumfang 360 mal 15 oder 5400 Meilen.

Auf ähnliche Weise hätten wir auch einen Bogen des Aequators messen können; die Bestimmung der Anzahl von Graden, die er umfaßt hätte, hätte dann durch den Zeit=, und also Längenunterschied seiner beiden Endpunkte ermittelt werden müssen.

(234.)

Hierbei werden wir freilich bemerken, daß zwar jedes unserer Drei=ecke ABC, BCD u. s. w. (Fig. 61) in einer Ebene liegt, aber doch nicht das ganze Dreiecknetz, das ja auf der Oberfläche einer Kugel beschrieben sein soll, daß also unsere Methode, streng genommen, nicht ganz richtig und genau war, weil wir statt des Kreisbogens AH nur die Summe der gradlinigen Stücke AI, IK, KL, LM, MN, NH genommen haben. — Indeß läßt sich der Fehler, den man dabei begangen, in jedem einzelnen Fall wohl genau finden und also corrigiren. Wie das aber geschehen könne, ist ohne zu große Weitläufigkeit und weitere ma=thematische Studien nicht gut einzusehen.

Wirklich ausgeführte Gradmessungen.

235.

Die ersten, welche die Länge eines Grades ausgemessen haben, sind die Araber, deren Chalif Almamum gegen das Jahr 827 in der Wüste Singar am arabischen Busen eine solche Messung ausführen ließ. — Die Methode aber, auf solchem Wege die Größe der Erde auszumit=teln, kannte schon Eratosthenes (um 250 v. Chr.), der den Polhöhen=unterschied zwischen Syene und Alexandrien zu 7^0 12′ bestimmte und die Entfernung beider Orte aus Reiseberichten annahm.

Die ersten genauern Messungen wurden um 1736 von den Fran=zosen unternommen, indem Bouguer und Condamine nach Peru, Mau=pertuis und Clairaut nach Lappland reis'ten. Erstere fanden die Länge eines Grades gleich 56753 Toisen oder 14 Meilen 20730 Fuß; letztere dagegen gleich 57437 Toisen oder 15 Meilen 1992 Fuß, also im Nor=den größer als in der Nähe des Aequators.

236.

Schon früher hatte man eine solche Nichtübereinstimmung der Länge eines Meridiangrades unter verschiedenen geographischen Breiten bemerkt, war aber zweifelhaft, ob sie nicht auf Rechnung der Fehler in der Messung zu setzen sei. Später aber wurden dergleichen Gradmessungen auf verschiedenen Theilen der Erde mit großem Aufwand von Kosten und Mühe wiederholt — worunter namentlich die von Delambre und Mechain unternommene, und nach des Letztern Tode von Biot und Arago im Anfang dieses Jahrhunderts vollendete, riesenhafte Ausmessung eines Bogens von mehr als 12 Graden (von der pithyusischen Insel Formentera bis Dünkirchen) und die von Swanberg im Norden, 1803 beendigte, hervorragen — und als unabweisbares Resultat gefunden, daß die Grade eines Meridians nach Norden zu größer werden.

Abplattung der Erde.

(237.)

Diese Thatsache bewies die schon von Newton aus theoretischen Gründen behauptete Abplattung der Erde nach den Polen zu *). — Was das heiße und wie es mit unserer letzten Erfahrung zusammenhänge, wollen wir uns sogleich klar zu machen suchen.

Wären die Meridiane vollkommene Kreise, so müßten nothwendig alle Grade derselben gleiche Länge besitzen. Da aber dies der Fall nicht ist, sondern jeder Grad länger gefunden wurde, als ein andrer näher nach dem Aequator zu liegender, so muß man sich einen Meridian vielmehr als aus vielen aneinander passenden Bogenstücken nach den Polen zu immer größer werdender Kreise zusammengesetzt denken.

(238.)

Nehmen wir der Einfachheit wegen an, es gehören allemal 10 aneinander liegende Grade einem und demselben Kreise an, so daß also der Meridian vom Aequator bis zum Pol nur aus den Bogenstücken von 9 verschieden großen Kreisen zusammengesetzt sei.

Schneiden wir uns nun von Papier 9 winkelartige Papierstücke: 0. 1. 10; 10. 2. 20; 20. 3. 30; 30. 4. 40; . . . . 80. 9. 90, (Fig. 62), jeden Winkel zu 10 Grad, und begrenzen sie mit den Kreisbogen 0. 10; 10. 20; 20. 30 ꝛc., aber jeden mit einem etwas größern Halbmesser, z. B.

den Bogen 0. 10 mit dem Halbmesser 1. 0;
" " 10. 20 " " " 2. 10;
" " 20. 30 " " " 3. 20 u. s. f.,

legen sie darauf so aneinander, wie in der Figur zu sehen, daß der Anfangspunkt jedes Bogens mit dem Endpunkt des vorhergehenden zu-

*) Nicht „an den Polen".

sammenfällt, so bilden die Kreisstücke 0. 10; 10. 20 ꝛc. schon ziemlich täuschend eine regelmäßige Curve A N.
o 90

(239.)

Die Mittelpunkte der 9 verschiedenen Kreise können natürlich nicht zusammenfallen, sondern liegen in der gebrochenen Linie 1. 2. 3. 4. . . . . 9. und die A 1. m und 9. m. N stehen senkrecht zu einander. — Construirten wir uns unter 0. 1. m ganz auf ähnliche Weise eine aus Kreisbogen zusammengesetzte Curve, so würden die Mittelpunkte der sie bildenden 9 Kreise in der gebrochenen 1. v liegen; ebenso könnten wir auch noch auf der rechten Seite von Nm ein drittes Viertheil und unter diesem dann das letzte Viertheil der Figur bilden, und es würde die aus den 36 Kreisbogen zu je 10° zusammengesetzte Curve zweier in derselben Ebene liegenden Meridiane, oder der Erdumfang in der Richtung von Nord nach Süd die Gestalt A N Q S erhalten, in welcher A Q einen Durchmesser des Aequatorkreises, N S aber die Erdaxe, m den Mittelpunkt der Erde vorstellen würde.

Die Erdaxe ist kleiner als ein Aequatordurchmesser.

(240.)

Beschreiben wir nun noch zur Vergleichung aus m mit dem Aequatorhalbmesser mA den Kreis A 90°, und theilen ihn in seine gleichen Grade, so machen wir leicht folgende Bemerkungen:

1) daß von den verschieden langen Kreisbogen (in unserer Zeichnung allemal 10° zusammen gefaßt) unserer Meridiancurve die dem Aequator nahen, 0. 10; 10. 20; 20. 30; 30. 40; 40. 50, noch kleiner sind als die überall gleichen 10 Grade auf A 90° oder dem Aequator; daß in der Gegend von 60° Breite sie die Länge der Aequatorgrade, deren einer 15 geographische Meilen beträgt, erlangen, weiter nach Norden zu aber größer werden als diese. — Dies bestätigen auch die directen Gradmessungen;

2) daß im Ganzen genommen der ganze Meridianbogen AN kürzer sei als ein Viertel des Aequators, und daß

3) der Nordpol N dem Mittelpunkt der Erde m näher sei als ein Punkt des Aequators, oder als er sein würde, wenn der Meridian ein dem Aequator gleicher Kreis A 90° wäre; daß also die Erdaxe kürzer sein müsse als ein Aequatordurchmesser.

(241.)

Nähmen wir, statt für je 10 Grade, für jeden einzelnen Grad oder endlich gar für jede einzelne Secunde einen eignen nach Norden zu immer größer werdenden Halbmesser an, und construirten unsere Figur 62, so würde die Meridiancurve immer mehr und mehr regelmäßig werden, und die Mittelpunkte aller unserer kleinen Kreisbogen von 1 Secunde würden 36000mal näher kommen als in der Zeichnung, und so fast

genau statt in einer gebrochenen Linie in einer regelmäßigen Curve 1 v liegen, die wir die Mittelpunktscurve für die Meridiancurve nennen wollen, weil in ihr die Mittelpunkte aller Kreisbogen liegen, aus denen die Meridiancurve zusammengesetzt ist. —

Wäre etwa ein Brettchen nach dieser Curve 1 ... 9 abgeschnitten und wir befestigten am Punkt 9 einen Faden, legten ihn über den erhabenen Theil 9. 8. 7 ... 1, spannten ihn bis A aus, befestigten da einen Bleistift und führen mit diesem nach 10, 20, ... bis N, so würde dieser unsere Curve beschreiben, während der Faden nach und nach in die Lagen 1. 10; 2. 20; 3. 30 ꝛc. kommt und sich dabei von der Mittelpunktscurve abwickelt. — Windet man (als ein anderes Beispiel der Entstehung von Curven durch Abwickeln) einen Faden mehrmal um ein Wasserglas, hält dies fest auf einen Bogen Papier, so beschreibt eine am Ende des Fadens befestigte Bleifeder die Abwickelungslinie des Kreises, die wie eine Uhrfeder spiralförmig um den Kreis als ihre Mittelpunktscurve herumläuft.

Erde ein Ellipsoid.

(242.)

Wir könnten uns nun die Fig. 62 sehr genau und so zeichnen, daß die Grade in demselben Verhältniß größer werden, wie man dies in Wirklichkeit durch die verschiedenen Gradmessungen gefunden, und würden daraus sehen, daß unsere Meridianlinie die größte Aehnlichkeit mit einer Ellipse hat, deren halbe kleine Axe mN, deren große aber Am ist. Deshalb hat man auch die Erde genau genommen nicht als eine Kugel, sondern als einen Körper, der durch Umdrehung des elliptischen Meridians um seine kleine Axe, die Erdaxe, entstanden gedacht werden könnte, also für ein Ellipsoid anzusehen. — Weil dabei nun die Erdaxe NS kleiner ist, als der Aequatordurchmesser und überhaupt alle Punkte der Erdoberfläche der Aequatorebene näher sind, als sie sein würden, wäre die Erde eine vollkommene Kugel, und zwar sich um so mehr nähern, je näher sie dem Nordpol (oder Südpol) liegen (in e beträgt die Näherung ke), so bedient man sich des Ausdrucks, die Erde sei nach den Polen zu abgeplattet.

Größe der Abplattung.

(243.)

Aus der genau gezeichneten Fig. 62 konnten wir denn auch ersehen, daß wenn man den Aequatordurchmesser in 300 Theile theilt, die Erdaxe etwa 299 derselben enthält. Da nun der Aequatorumfang 5400 Meilen, also ein Durchmesser desselben (nach 124) 1719 geographische Meilen mißt, so ist die Erdaxe um den 300sten Theil von 1719, oder nicht ganz 6 Meilen kürzer als der Aequatordurchmesser, oder etwas mehr als 1713 Meilen lang.

Für gewöhnliche Betrachtung unbedeutend.

(244.)

Gäben wir also einem Erdglobus etwa 2 Fuß Durchmesser, so würde die Axe kaum 1 Linie kürzer sein dürfen als ein Durchmesser des Aequators, und wir müßten dabei schon zu einer genauen Messung unsere Zuflucht nehmen, um das Kürzersein der Axe nicht zu übersehen; durch bloßes Augenmaß möchte aber wohl kein Mensch im Stande sein, die Abweichung eines solchen Ellipsoids, in dem die Axe nur $^1/_{300}$ kürzer ist als die längsten Durchmesser, von einer vollkommenen Kugel zu bemerken.

Um so weniger werden die Berge und Thäler auf der Erde der Kugelgestalt derselben Eintrag thun, da selbst der höchste Berg der Erde nur unbedeutend mehr als eine Meile sich über die reine Kugeloberfläche erhebt, also auf unserer künstlichen Erdkugel von 2 Fuß Durchmesser nur den 6ten Theil einer Linie betragen, und durch das kleinste Sandkörnchen, das man auf die Oberfläche legt, repräsentirt werden würde, während niedrigere Bergzüge ganz füglich durch einen Tintenstrich in ihrem wahren Verhältniß angedeutet würden. *)

Deshalb können wir für die allermeisten Untersuchungen, wo es nicht auf die äußerste Genauigkeit ankommt, ohne zu sehr zu irren, die Erde noch immer für eine gewöhnliche Kugel halten.

Landcharten.

(245.)

Im Vorigen haben wir also die Möglichkeit eingesehen, ein treues Bild der Erdoberfläche auf einer kleinen Kugel zu entwerfen. Weil aber die Globen gewöhnlich nur in einem kleinern Maßstab angefertigt werden, indem größere außerordentlich unbequem zu handhaben und sehr kostbar sein würden, so pflegt man die ganze Erdoberfläche oder wenigstens einen Theil derselben auf einem ebenen Blatte Papier, einer Landcharte, abzubilden. Indessen kann ein solches Bild kein vollkommen ähnliches sein, da sich die Kugeloberfläche nicht eben ausbreiten läßt, wie die krumme Oberfläche eines Kegels oder eines Cylinders (108).

Jede ebene Landcharte muß daher von den wesentlichen Eigenschaften einer auf einer Kugeloberfläche gezeichneten etwas opfern, um dafür eine andere Eigenthümlichkeit zu erhalten, welche man für einen besondern Zweck am wenigsten gern vermißt.

---

*) Auf den sogenannten **Reliefgloben** sind zur anschaulichen Uebersicht die Höhenzüge und Bergketten erhöht aufgetragen, natürlich aber übertrieben, weil diese selbst bei dieser schon ziemlich großen Kugel von 2 Fuß Durchmesser doch unmerklich wären, hätte man sie in genau richtigem Verhältniß dargestellt.

Eigenschaften der Kugelabbildungen.

(246.)

Von den Eigenthümlichkeiten der Erdabbildungen auf Kugelflächen heben wir besonders hervor:

1) die Meridiane und Parallelkreise stehen senkrecht zu einander, weil ihre Ebenen perpendicular aufeinander sind;

2) die Meridiangrade sind, abgesehen von der kleinen, auf einer kleinen Kugel kaum darzustellenden Abweichung, wegen der Abplattung (237 ff.) alle gleich lang, während

3) die Parallelkreise, je näher sie den Polen kommen, immer kleiner werden, und zwar in einem ganz bestimmten Verhältniß. — (Hat man einen Meridianumfang in seine Grade getheilt, so kann man jeden bestimmten z. B. 50sten Parallelkreis in seiner zu dem Meridian passenden Größe zeichnen, weil die zur Erdaxe senkrechte Linie vom 50sten Gradpunkte bis wieder zum 50sten die Größe seines Durchmessers darstellt.)

4) Mißt man auf einem richtig gezeichneten Globus die Entfernungen irgend welcher zweier Orte mit einem biegsamen Maßstabe, der sich an die Kugeloberfläche anschmiegt, so findet man für Orte, die in Wirklichkeit 2, 3, 9, 100, 250 ꝛc. mal weiter entfernt sind als eine Wegeinheit, z. B. Meile, auch die Entfernung auf dem Globus 2, 3, 9, 100, 250 ꝛc. mal so groß als eine verjüngte Maßeinheit. Sind daher diese auf dem Maßstab aufgetragen, so kann man unmittelbar durch Messen auf dem Globus die unbekannte wirkliche Entfernung, z. B. zweier Städte, erfahren, oder mit andern Worten, auf einem Globus stehen die Entfernungen je zweier Orte in demselben Verhältniß, wie auf der Erde selbst.

Perspectivische Abbildungen.

(247.)

Verhältnißmäßig sehr kleine Strecken, etwa von einigen Meilen Durchmesser, lassen sich auch auf einem ebenen Blatte naturgetreu darstellen, weil ein so kleiner Theil der Kugelfläche von einer Ebene doch kaum zu unterscheiden ist. — Sollen aber größere Theile, etwa eine ganze Halbkugel abgebildet werden, so bedient man sich in den meisten Fällen der perspectivischen Entwürfe oder Projectionen. Bei diesen macht nun freilich das Bild auf dem Papier denselben Eindruck auf unser Auge, wie der Anblick des abgebildeten Gegenstandes von einem bestimmten Standpunkt aus, aber namentlich ist es bei ihnen meistens eine schon etwas verwickelte Aufgabe, eine Entfernung in der Wirklichkeit nach der Entfernung der entsprechenden Punkte auf der Charte genau abzumessen.

Wesen der Perspective.

(248.)

Meine Leser haben oft perspectivisch gemalte Landschaften betrachtet, und wenn sie diese durch eine geschwärzte Röhre oder wenigstens durch die Höhlung der gebogenen Hand ansahen, damit der Rahmen des Gemäldes sie nicht störte, sich der Illusion hingegeben, als schauten sie in eine wirkliche Landschaft hinein, als stehe nahe vor ihnen ein Baum, als erhebe weiter zurück eine alte Burg ihre grauen Zinnen, während tief im Hintergrunde in blauer Ferne ein bewaldeter Bergrücken sich hinzog. — Sie haben wohl sogar selbst schon nach der Natur gezeichnet. — Vielleicht ist es aber doch nicht ganz ohne Nutzen, wenn ich ihnen das eigentliche Princip der perspectivischen Zeichnung noch einmal in's Bewußtsein rufe.

(249.)

Schauen wir aus der Mitte unseres Zimmers, ein Auge geschlossen, den Kopf unbeweglich an derselben Stelle haltend, durch eine Fensterscheibe in die Gegend draußen. Da sehen wir Häuser, Bäume, Kirchthürme u. s. w. Blicken wir nun z. B. nach dem Knopf eines Kirchthurms, so sehen wir ihn hinter einem bestimmten runden Theil unserer Scheibe, der in der geraden Linie von unserem Auge nach dem Knopfe liegt. Machten wir diesen Theil der Fensterscheibe eben so schwarz, wie der Knopf uns erscheint, so könnte dieser in Wirklichkeit vom Thurme abgenommen werden, und es wäre für unser Auge ganz einerlei, ob er noch wirklich da wäre oder blos sein Bild auf der Scheibe. So können wir für alle Theilchen der Landschaft, da wo die Geraden von unserem Auge nach jenen die Fensterscheibe durchdringen, auf dieser entsprechende grüne, rothe, blaue ꝛc. Farbepünktchen hinmalen; dann können wir die wirkliche Landschaft hinwegzaubern, und unsere bemalte Fensterscheibe macht ganz denselben Eindruck auf unser Auge, den die Landschaft selbst hervorbrachte.

Zeichneten wir je nach der Natur, so haben wir unbewußt eine solche gemalte Glas- oder Luftscheibe vor unser Auge gedacht, und diese gerade so abgezeichnet, als hätten wir eine andere wirklich gemalte Landschaft vor uns, um sie zu copiren.

(250.)

Wir sehen aber leicht, daß eine so bemalte Scheibe nur dann die nämliche Wirkung auf unser Auge hervorbringen kann, wenn wir dies wieder in dieselbe Lage zu der Scheibe bringen, wie damals, als wir die Tafel malten. Daher giebt es auch nur einen Punkt vor einem Gemälde, von dem es richtig gesehen wird. Eine kleine Verrückung des Auges aus der richtigen Stelle merken wir vielleicht nicht, betrachten wir aber ein Bild, das gerade von vorn angesehen sein will, von der Seite, so erscheint es verzerrt und unnatürlich.

(251.)

Auch von der ganzen Erdoberfläche entwirft man sich solche perspectivische Abbildungen. Man denkt sich das Auge in einem bestimmten Punkt, die Glasscheibe (Projectionsebene) in einer bestimmten Lage, und entwirft darauf die einzelnen Punkte der Erdoberfläche, indem man vom Orte des Auges nach allen diesen Punkten gerade Gesichtslinien zieht, und die Stellen, wo sie die Scheibe durchdringen, ebenso bezeichnet und benennt als die der Kugeloberfläche.

Stereographische Projectionen.

(252.)

Eine sehr gebräuchliche Projectionsart ist die stereographische. Von der Mitte des zu zeichnenden Theils der Erde zieht man einen Durchmesser zum gerade gegenüberliegenden Punkte der Kugeloberfläche. In diesem befindet sich das Auge. — Die Glasscheibe (Projectionsebene) stellt man senkrecht zu jenem Durchmesser durch den Mittelpunkt der Kugel.

Polarprojection.

(253.)

Will man also die nördliche Halbkugel z. B. stereographisch projiciren, so steht das Auge im Südpol, und die Projectionsebene ist die Ebene des Aequators. Man zeichnet aber die Charten nicht auf der dem Auge, d. h. dem Südpol zugewandten Seite, sondern auf der nach Norden liegenden. Die Parallelkreise erscheinen darin auch als Kreise, die concentrisch um den Nordpol laufen, die Meridiane aber als gerade, vom Nordpol ausgehende, Linien. Die Grenze der Charte ist der Aequatorkreis selbst. — Um die richtige Länge der Halbmesser der Parallelkreise zu erhalten, denke man sich Fig. 63 als eine Meridianebene, O das Auge im Südpol, m n eine in der Aequatorebene liegende Gerade als Projection des Meridians Nn, so ergeben die Linien O. 10; O. 20; O. 30 ꝛc. (vom Auge nach den Durchschnittspunkten des Meridians Nn mit den betreffenden Parallelkreisen), da wo sie die mn treffen, die Projectionen 1, 2, 3 ꝛc. der bezüglichen Punkte 10, 20, 30 ꝛc. Es sind also m. 1, m. 2, m. 3 ꝛc. die Halbmesser für die zu zeichnenden Parallelkreise. Wie man sieht, sind die Punkte 1, 2, 3 ꝛc. nicht gleich weit von einander entfernt, sondern einander um so näher, je näher sie an den Mittelpunkt m kommen. — Die Charten vom nördlichen Eismeer, von der nördlichen und südlichen Halbkugel sind in den Atlassen gewöhnlich so entworfen. — Weil ein Pol die Mitte der Charte einnimmt, nennt man diese Projection die stereographische Polarprojection.

Aequatorealprojection.

(254.)

Denkt man sich aber das Auge in einem Punkte des Aequators, zieht von ihm aus einen Durchmesser, und senkrecht darauf durch den Mittelpunkt der Kugel die Projectionsebene, so erhält man eine stereographische Aequatorealprojection, weil jetzt der dem Auge entgegengesetzte Punkt des Aequators Mitte der Charte wird. — Meridiane und Parallelkreise stellen sich als Bogen von Kreisen dar, die immer andere und andere Mittelpunkte haben, nur der Aequator und der Meridian der Mitte der Charte projiciren sich als gerade Linien. — In den Atlassen sind die östliche und westliche Halbkugel auf diese Art gezeichnet.

(255.)

Ist nämlich (Fig. 64) OQmA die Aequatorebene, O der Ort des Auges, NtQSAp die Projectionsebene, m also die Mitte der zu zeichnenden Halbkugel, und sowohl der Meridian NmS als der Aequatorhalbkreis QmA in ihre gleichen Grade (hier von 10 zu 10 Graden) getheilt, so werden die geraden Gesichtslinien von O nach allen diesen Punkten des Meridians und Aequators die Projectionsebene in den (ähnlich wie Fig. 63) ungleich weit von einander abstehenden Punkten 1, 2, 3 . . ., als den Projectionen der betreffenden Punkte 10, 20, 30 ꝛc., durchdringen. Diese Punkte liegen sämmtlich in den auf einander senkrechten NMS und QMA; daher diese die ganzen Projectionen des durch m gehenden Meridians und des Aequators sind.

(256.)

Um nun von der Lage der Projection eines andern Meridians, z. B. NRS, einen Begriff zu erhalten, betrachten wir nur einmal die Projectionen dreier in ihm liegender Punkte. N und S liegen selbst in der Projectionsebene, der Punkt R aber projicirt sich in r; der ganze Meridian wird sich also als eine krumme von N durch r nach S laufende Linie darstellen.

Auch für einen Parallelkreis p. 50. t finden wir in p und t selbst, die bezüglich 50° von A und Q entfernt sind, so wie im Punkt 5 (in der MN) drei in der Projectionsebene liegende Punkte; seine Projection wird also auch eine krumme durch p 5 und t gehende Linie sein.

Diese Curve, so wie die Meridianprojectionen sind aber Kreisbogen, und es kommt zu ihrer Zeichnung nur darauf an, die Mittelpunkte für sie zu finden, weil man dann nur die eine Zirkelspitze in diesen Mittelpunkt zu setzen und den Zirkel bis zu einem der 3 oben gefundenen Punkte aufzuspannen nöthig hat, um sie entwerfen zu können.

Methode zur Zeichnung.

(257.)

Eine der einfachsten Methoden, die Projectionsebene NASQ (Fig. 64) mit allen Meridianen und Parallelkreisen (von 10° zu 10°) vollständig zu zeichnen, möchte wohl folgende sein.

Um zunächst die Mittelpunkte für die Parallelkreisprojectionen zu finden, ziehen wir (Fig. 65) die NV parallel mit AQ, sodann von M aus durch die Punkte 80, 70, 60, p. 40 ꝛc. gerade Linien, die die NV in 8′, 7′, 6′, 5′, 4′ ꝛc. schneiden, tragen dann die Längen M8′, M7′ ꝛc. von M aus auf die verlängerte MN, bis zu den Punkten 8″, 7″, 6″, 5″, 4″ ꝛc. — so sind dies bezüglich die gesuchten Mittelpunkte für die durch 80 und 8, 70 und 7, 60 und 6, durch t, 5, p ꝛc. zu ziehenden Kreisbogen.

Trägt man dann die Entfernungen N8′, N7′, N6′, N5′ ꝛc. auf MA oder deren Verlängerung von M aus nach den Punkten 8_o, 7_o, 6_o, 5_o ꝛc.; so sind dies die Mittelpunkte für die Kreisbogen N. 26. S, N. 25. S, N. 24. S, N. 23. S, ꝛc.

Warum die Projectionscurven wirklich Kreisbogen und nicht krumme Linien von anderer Natur, etwa Ellipsen, seien, kann zwar ganz bestimmt gezeigt werden, indessen möchte es unmöglich ohne tiefere Kenntnisse in der Mathematik einzusehen sein; auch den Grund davon, warum unsere so eben bestimmten Mittelpunkte, z. B. 5″ von p, 5 und t gleich weit entfernt sind, ein aus 5″ mit der Weite 5″ p gezogener Kreis also durch diese 3 Punkte richtig gehen werde, kann ich meinen Lesern, ohne gar zu weitläufig zu sein, nicht erklären. Sollte es den einen oder andern interessiren, so findet sich ja wohl ein der Mathematik Kundiger unter seinen Bekannten, an den er sich wenden mag. So haben sie aber doch wenigstens ein Mittel, die östliche und westliche Halbkugel in ihren Atlassen copiren zu können.

Horizontalprojection.

(258.)

Befindet sich das Auge endlich in irgend einer andern Stelle zwischen einem Pol und dem Aequator, so erhält man eine sogenannte stereographische Horizontalprojection. Die Projectionsebene ist dabei mit der Horizontalebene des mittelsten Punktes der zu entwerfenden Charte parallel, indem beide Ebenen senkrecht sind zu einer und derselben Linie, dem Durchmesser der Kugel durch das Auge; die Mittelpunkte der Projectionscurven der Meridiane und Parallelkreise, die auch Kreisbogen sind, können aber da nicht ganz so einfach gefunden werden, wie in den vorhergehenden Fällen.

Centralprojection.

(259.)

Eine zweite Art solcher perspectivischen Projectionen ist die Centralprojection. Das Auge denkt man sich im Mittelpunkt der Kugel; die Projectionsebene ist die Horizontalebene des mittelsten Punktes von dem zu entwerfenden Theil der Erde. — Die Meridiane erscheinen darin überall als gerade Linien, weil es die Durchschnitte der Meridianebenen mit einer Horizontalebene sind.

Ist der Pol Mitte der zu zeichnenden Charte, so erscheinen die Parallelkreise auch als concentrische Kreise, deren Radien wie N8′, N7′, N6′ u. s. w. in Fig. 65 wachsen, weil man sich darin M als Auge, VN als eine Linie der Projectionsebene denken kann. Der Aequator kann darin nicht angegeben werden, sein Halbmesser wäre unendlich groß, weil die Linie MA, deren Durchschnitt mit NV das Ende desselben bestimmen würde, die ihr parallele NV, auch noch so sehr verlängert, nicht trifft. —

(260.)

Ist aber der Mittelpunkt der Charte ein anderer als der Pol, so werden die Parallelkreisprojectionen Kegelschnitte. Denken wir uns nur, um dies einzusehen, eine gerade Gesichtslinie vom Mittelpunkt durch einen Punkt eines Parallelkreises gelegt und so bewegt, daß ihr einer Endpunkt immer im Kugelmittelpunkt bleibt, während sie auf dem Parallelkreis rund herum herschleift, so beschreibt sie eine Kegelfläche, deren Durchschnitt mit einer Ebene, der Projectionsebene also eine unserer Kegelschnittslinien sein muß. — Da diese aber in den meisten Fällen schwierig zu zeichnen sind, so können wir uns nicht näher mit ihnen einlassen. —

Man wendet diese Projectionsart hauptsächlich für Sterncharten an, weil wir uns ja doch im Centrum des Himmels befinden. Nur kann man keine ganze Halbkugel central projiciren.

Orthographische Projection.

(261.)

Eine dritte Projectionsmethode, die man auch allenfalls noch perspectivisch nennen kann, ist die orthographische.

Man fällt von allen Punkten des abzuzeichnenden Stücks der Erdoberfläche Senkrechte auf eine Projectionsebene, die man auch der Horizontalebene für die Mitte der Charte parallel anzunehmen pflegt. Wo diese Senkrechten die Projectionsebene treffen, sind die Stellen für die Bilder der Punkte, von denen die Perpendikel ausgehen. — Man kann sich das Auge gleichsam in der Verlängerung des nach dem Mittelpunkt der Charte gehenden Radius in unendlicher Entfernung denken.

(262.)

Projicirt man auf die Aequatorebene, so entsteht die vom Chartenmittelpunkt, dem Pol, sogenannte orthographische Polarprojection. Die Meridiane stellen sich (Fig. 67) als gerade vom Mittelpunkt ausstrahlende Linien (Durchschnittslinien der Meridianebenen mit der Aequatorebene) dar, während die Parallelkreise durch concentrische Kreise vertreten werden, deren Radien wie M8, M7, M6 ꝛc. (Fig. 66) wachsen.

Nach dieser Methode bildet man aber nur kleine Theile der Erdoberfläche ab, weil z. B. für die Projection der nördlichen Halbkugel die einzelnen Theile noch weit mehr, namentlich nach dem Aequator zu, unverhältnißmäßig ausfallen, als bei der stereographischen Polarprojection; bei dieser wurden die Abstände zweier Parallelkreisbilder nach dem Aequator (dem Umkreis der Charte) immer etwas größer, während bei der orthographischen Projection die gleichen Abstände N. 80; 80. 70; . . . 10. 0 theilweise in die ihnen fast noch gleichen Räume zwischen M und 8, 8 und 7 eingezeichnet, theilweise aber auch in die nach dem Aequator hin sehr schnell sich verengernden Zwischenräume 4. 3; 3. 2; 2. 1; 1. 0 gedrängt werden müssen.

Ist die Projectionsebene ein Meridian, der Mittelpunkt also ein Punkt des Aequators, so sind die Parallelkreisbilder — als Durchschnitte der (auf jeder Meridianebene senkrechten) Parallelkreisebenen mit der Projectionsebene — der Aequatorprojection parallele Gerade; die Meridiane aber werden Ellipsen.

Bonne's Projectionsart.

(263.)

Die meisten Charten, die nur einen kleinen Theil der Erdoberfläche darstellen, sind nach einer Projectionsmethode, die nach ihrem Erfinder die Bonne'sche heißt, gezeichnet. Soll danach ein Stück der Erdoberfläche wie B C D E (Fig. 57) entworfen werden, so denke man sich (Fig. 68) als die Meridianebene des mittelsten Punktes x der Charte. P sei der Pol, MP die Erdaxe, A ein Punkt des Aequators. Zieht man senkrecht zu Mx die Gerade Txq (wo T in der Verlängerung der Erdaxe liegt), so ist dies die verlängerte horizontale Mittagslinie für den Ort x, während PxA der Meridianbogen für denselben Ort sein würde. Diese Txq läßt man in der Charte (Fig. 69) den Meridian von x vorstellen. Trägt man darauf von x aus auf- und abwärts die gleichen Stücke xa, ab, bc, . . . so wie xk, kl, lm . . ., jedes gleich einem Meridiangrad von PxA (Fig. 68); so stellen die Kreisbogen 30 x 30, 31 a 31, 32 b 32 ꝛc., alle aus dem Punkt T als Mittelpunkt mit den Weiten Tx, Ta, Tb pp. concentrisch gezogen, die Parallelkreisstücke auf der Charte vor.

(264.)

Auf jeden dieser Parallelkreise trägt man von seinem Durchschnitt mit dem Meridian xT die einzelnen Parallelkreisgrade auf, die natürlich auf jedem weiter nach den Polen zu liegenden immer kleiner werden müssen, und deren Länge sich durch Zeichnung leicht darstellen läßt. Denn (Fig. 68) sind 1. 1′. 1; 2. 2′. 2; 3. 3′. 3 ꝛc. die Durchmesser des 10ten, 20sten, 30sten Parallelkreises, womit sich diese alle (etwa concentrisch wie in Fig. 67) zeichnen lassen. Zieht man dann von ihrem Mittelpunkte 2 Gerade unter einem Winkel von 1^0 (wie Fig. 67 von 10^0), so hat man die Bogen von einem Grade auf allen Parallelkreisen, alle auf einmal, zwischen den Schenkeln dieses Winkels. Um sie in Fig. 69 aufzutragen, betrachtet man sie (als kleine Bogen) wie gerade Linien. Je zwei so bestimmte gleichnamige Gradpunkte, in Fig. 69 z. B. g und h, in 2 aufeinander folgenden Parallelkreisen verbindet man durch eine gerade Linie, so entstehen die Meridiane als die gebrochenen Linien 21 g h 21 . . . ꝛc.

(265.)

Um aber für eine bestimmte Charte, für welche man den Meridiangraden x a ꝛc. eine bestimmte Länge geben will, das zugehörige T x zu finden, multiplicirt man die in Zollen und Linien ausgedrückte Länge eines solchen willkürlich gewählten Meridiangrades mit 360, so hat man die Länge des Umfangs einer Kugel, deren Grade so lang sind als die Theile x a ꝛc.; durch Division dieser Länge mit 3,14 . . . ergiebt sich die Länge des Durchmessers derselben Kugel. Mißt man nun die Hälfte dieser Anzahl von Zollen ꝛc. auf dem Maßstabe ab, so kann man mit dieser Länge als Halbmesser (Mx) die Fig. 68 zeichnen, wenn man noch den Winkel xMA gleich der geographischen Breite des Punkts x in der Charte macht, — und also für Entwerfung der Charte (Fig. 69) selbst die nöthigen Data Tx, Länge der Parallelkreisgrade ꝛc. sich verschaffen.

(266.)

Diese Projectionsart, nach welcher, statt auf einem Kugelflächenstück, gleichsam auf einem eben ausgebreiteten Stück einer Kegelfläche gezeichnet wird, welche die Tx beim Umdrehen des Winkels MTx um MT als unbewegliche Axe beschreiben würde, hat den Vorzug, daß alle Orte, die auf einem der ausgezogenen Parallelkreise, so wie auf dem mittlern Meridian (von x) liegen, in genau richtig verhältnißmäßiger Entfernung, wie auf der Kugel selbst, dargestellt sind. Umfaßt aber die Charte nicht zu viele Grade, so sind auch alle andern Punkte so ziemlich im richtigen Verhältniß von einander entfernt. Auch weicht in jedem einzelnen Durchschnittspunkte die Lage der Parallelkreise und Meridiane nur sehr wenig von der senkrechten Lage ab. Man kann daher schon mit ziemlicher Genauigkeit die Entfernung zweier Orte durch Abgreifen der Ent-

fernung der betreffenden Punkte auf der Charte und Messen auf einem dabei gewöhnlich angegebenen verjüngten Maßstabe bestimmen.

Mercator's Projection.

(267.)

Zuletzt wollen wir noch die Einrichtung der Seecharten kennen lernen. Damit die Richtungen des Schiffslaufs, nach den verschiedenen Himmelsgegenden, in den Charten als gerade Linien eingezeichnet werden können, die unter sich dieselben Winkel bilden wie in der Wirklichkeit, kommt es bei diesen hauptsächlich darauf an, daß Meridiane und Parallelkreise senkrecht zu einander stehen.

Dies geht nun nicht anders an, als daß alle Parallelkreise gleich lang gezeichnet werden. Dadurch würden aber die Länder nach den Polen zu unverhältnißmäßig in die Breite gedehnt, so daß die wahre Form eines Landes dadurch ganz verunstaltet würde.

Diesem Mißverhältniß sucht man nun dadurch abzuhelfen, daß man die Meridiangrade nach Norden zu immer so vergrößert, daß in jeder Netzmasche die Form des Landes doch ziemlich richtig bleibt.

Ist z. B. innerhalb des 59sten bis 60sten Grad der Breite ein Parallelkreisgrad in Wirklichkeit etwa nur halb so lang als ein Meridiangrad, so macht man zwar den Parallelkreisgrad so lang wie einen unter dem Aequator, aber den Meridiangrad doppelt so lang. Die Charte wird dadurch eigentlich aus einer Menge einzelner Chärtchen (Streifen zwischen je 2 Parallelkreisen) zusammengesetzt, die weiter nach Norden zu nach einem immer größern Maßstab entworfen sind. — Diese Projectionsart heißt die Mercator'sche, nach ihrem Erfinder. Die Tafel 10 ist so entworfen. In den Atlassen pflegen die sogenannten Planiglobien zur Uebersicht der ganzen Erde nach Mercator's Projection gezeichnet zu sein.

Beschreibung des gestirnten Himmels.

Himmelsgloben.

268.

Ehe wir zur genaueren Beobachtung der Erscheinungen am Himmel übergehen, müssen wir uns erst an diesem, wenigstens oberflächlich, orientiren. An ihm können wir die Lage der merkwürdigen Punkte, der Sterne, unmittelbar anschauen, brauchten also eigentlich nicht, wie bei der Erde, erst eine verkleinerte Copie desselben, wäre diese nicht, außer zu manchen andern Zwecken, auch namentlich zum Erlernen der Namen der einzelnen Sterne und Sternbilder ein äußerst nützliches, in Ermangelung der Hülfe eines Sternkundigen aber zum Selbstunterricht unentbehrliches Hülfsmittel. — Man verfertigt daher auch Himmelsgloben, am besten schwarze Kugeln, mit weißen Punkten, welche die Sterne darstellen.

269.

Vorläufig können wir uns auf einen solchen Globus die Sterne dadurch richtig aufgetragen denken, daß wir ihn irgendwo auf der Erde — also im Mittelpunkt des Himmels — festgestellt, und (wegen der Bewegung der Sterne) in einem einzigen Augenblick gerade Linien aus seinem Mittelpunkt nach allen Sternen gezogen, und wo diese seine Oberfläche durchschnitten, die entsprechenden Punkte mit weißer Farbe aufgetragen denken. Wie man sie wirklich verfertigen kann, davon in (302).

270.

Richten wir einen solchen fertigen Globus so, daß 2 Radien desselben nach zweien Sternpunkten, bis zum Himmel verlängert, die gleichnamigen Sterne am Himmel selbst treffen, so ist er orientirt, d. h. dann treffen alle Radien desselben gleichnamige Sterne und Sternpunkte. — Betrachten wir dann eine Sterngruppe auf dem Globus, so ist es leicht,

das entsprechende Sternbild am Himmel kennen zu lernen, nur wird man bemerken, daß, weil man den Himmel von innen, die Kugel aber von außen betrachtet, sich die Sterngruppen auf dem Globus und am Himmel wie eine linke Hand zu einer rechten, ein Gegenstand zu seinem Spiegelbild verhalten.

271.

Auf den kleinen Himmelskugeln sind dann auch noch die Kreise angegeben, die man sich auf jeder Kugel, also auch auf dem wirklichen Himmel, zur gehörigen Eintheilung und Uebersicht der Oberfläche zu denken pflegt, also namentlich Aequator, Meridiane und Parallelkreise. — Diese sind alle der Lage nach bestimmt, sobald ein Durchmesser, als Axe, mit den beiden Endpunkten derselben, dem Nord- und Südpol, gewählt sind. Zur leichtern Handhabung ruht der Himmelsglobus mit 2 Stiften an jedem seiner Pole (Fig. 70) in dem in Grade getheilten Ringe NP Z SP N, dem sogenannten Meridianringe, und kann um jene Stifte, welche Verlängerungen seiner Axe vorstellen, zur Versinnlichung der täglichen Umdrehung des Himmels herumgedreht werden. Der Meridianring kann in einen Kranz, der die Horizontalebene darstellt, so gesteckt werden, daß seine Ebene senkrecht zum Horizontring steht, und sich die beiden Ringe gegenseitig halbiren, so daß also jeder der Bogen 40. NP Z . . . 40. und Nord . . . West . . . Süd 180° enthält. — Auf dem Horizontring sind dann gewöhnlich noch die Himmelsgegenden gezeichnet, so wie er auch von S aus nach Ost und West zu in einzelne Grade getheilt ist. *) — Manches Nähere wird im Verlaufe unserer Betrachtungen angeführt werden.

Sternchärten.

272.

In Ermangelung eines guten Himmelsglobus müssen aber meine Leser schon einmal versuchen mit Hülfe der beiden Sternchärtchen (Taf. 9 und 10) die wichtigsten Sternbilder kennen zu lernen. Die Taf. 9 ist eine noch über den Aequator erweiterte stereographische Polarprojection der nördlichen Halbkugel des Himmels, die Taf. 10 dagegen, in Mercator's Projection, zeigt ihnen die um den Aequator liegenden nördlichen, und die südlichen Sternbilder so weit, als sie in Deutschland sichtbar sind. Beide aber stellen die innere Fläche des Himmels dar, und enthalten, um nicht von vornherein gleich zu sehr zu verwirren, nur die helleren Sterne erster bis etwa dritter Größe und die schon von den Alten eingeführten Sternbilder. Zur detaillirteren Kenntniß des gestirnten Himmels dienen besonders Himmelsatlasse, z. B. von Riedig, Littrow u. A.

*) Als ein besonders nützliches Veranschaulichungsmittel ist der „Kosmoglobus" von Garthe zu empfehlen.

Anweisung die Gestirne kennen zu lernen.

Zeit und Ort.

273.

Um einstweilen die vorzüglichsten Sternbilder kennen zu lernen, begeben wir uns an einem sternhellen Abend an einen Platz, wo wir die ganze Halbkugel des Himmels überschauen können. Diese unbeschränkte Aussicht ist für den Anfang durchaus nothwendig, weil uns da nur die gegenseitige Lage vieler Sternbilder die richtigen Gruppen erkennen läßt; ebenso ist es vortheilhaft, einen Abend zu wählen, an welchem ein schwacher Mondschein das Licht der kleineren Sterne verdunkelt, oder gerade die Zeit der Dämmerung abzuwarten, in der blos erst die helleren Sterne sichtbar sind; die kurze Dauer derselben gestattet freilich nicht, mit gehöriger Muße den ganzen Himmel zu durchmustern. Wer etwas kurzsichtig ist, hat den Vortheil, von selbst nur die Sterne erster bis etwa dritter Größe sehen zu können, so daß dann der Anblick des Himmels am meisten Aehnlichkeit mit unsern Sternchärtchen hat.

Vorläufiges Orientiren.

Himmelsgegenden.

274.

Zunächst suchen wir nun den Polarstern nach der in (141) gegebenen Anleitung auf; wir finden ihn in Deutschland etwa 50° über dem nördlichen Horizont. Hierbei ist indessen zu berücksichtigen, daß uns seine Höhe durch eine optische Täuschung größer erscheint, daher wir uns in einer Höhe über dem Horizont, die wir etwa 60° schätzen, nach ihm umzusehen haben. Gerade unter ihm fixiren wir uns sodann durch irgend eine unterscheidbare Hervorragung des Horizonts die Lage des Nordpunktes, und ebenso nach dem Augenmaße, hinlänglich genau für unsern Zweck, die übrigen Himmelsgegenden. Wenden wir nämlich das Gesicht nach Norden, so haben wir gerade rechts Osten, links Westen; drehen wir uns dann so herum, daß uns West zur Rechten, Ost aber zur Linken liegt, so schauen wir gradaus nach dem Südpunkt.

Meridian und Aequator.

275.

Durch diesen Südpunkt, unser Zenith, den Polarstern und den gemerkten Nordpunkt ziehen wir dann mit dem Auge den Meridian. Er umfaßt, wie wir wissen, vom Südpunkt bis Nordpunkt 180°. In seiner Mitte, also 90° von beiden Endpunkten, gerade über unserem Kopfe liegt das Zenith, zwischen diesem und dem Nordpunkt, näher

aber nach dem Zenith (nur 40° von ihm herabwärts) wieder der Polarstern. Ein Punkt, der auf dem südlichen Bogen des Meridians 50° vom Zenith entfernt, also 40° über dem Südpunkte, liegt, ist vom Polarstern 90° entfernt, also ein Punkt des Himmelsäquators, und da dieser zugleich durch den Ost- und Westpunkt geht, so können wir uns auch diesen in Gedanken fixiren, indem wir mehrmals in einem Bogen vom Ostpunkte durch den obigen Punkt im Meridian (40° über dem Südpunkt) nach dem Westpunkt und wieder zurück mit dem Auge herfahren.

Parallelkreise. Stundenkreise.

276.

Haben wir uns so über die Lage der Himmelsaxe — als einer Linie vom Polarstern durch unser Auge — und des Aequators orientirt, so wird es uns nicht schwer fallen, uns die Richtung der täglichen Umdrehung des ganzen Himmelsgewölbes vorzustellen und also in Gedanken den Parallelkreis zu verfolgen, den irgend ein bestimmter Stern theilweise schon durchlaufen hat und noch durchlaufen wird. Denken wir uns nun einmal mehre Sterne im Aequator, alle 15° von einander entfernt, so werden diese alle nacheinander durch den fest auf der Erde stehenden Meridianbogen, wie unter einem Brückenbogen, hergehen und zwar jeder folgende grade eine Stunde später als sein Vorgänger. Legen wir nun in Gedanken Bogen durch diese auf einander folgenden Sterne und die beiden Himmelspole (die also ähnlich, wie die Meridiane bei der Erdkugel liegen werden), so müssen alle Sterne, die auf einem und demselben solchen Bogen liegen, zugleich durch den Meridian gehen (culminiren). Wir nennen diese Bogen: Stundenkreise. Ihre Projectionen sind in den Chärtchen zu sehen (P I; P II; P III etc.).

Anfangsstundenkreis.

277.

Da die Natur uns zunächst keinen Punkt im Aequator fixirt hat, durch den der Anfangs- oder 0te Stundenkreis gelegt werden müßte, so war die Bestimmung desselben willkürlich; indessen werden wir doch bald sehen, daß es zweckmäßig war denjenigen dazu zu wählen, der (siehe Tafel 9) mit 0 bezeichnet ist und durch den Polarstern, den äußersten der Cassiopeja, den Kopf der Andromeda und einen Stern „Algenib" im Pegasus geht.

278.

Nun können wir unmittelbar zur Aufsuchung der Sternbilder schreiten. Weil aber das Betrachten der Sterncharten des Abends im Freien bei einer Laterne immer etwas Unbequemes hat, so möchte es, um sich

leichter darin finden zu können, rathsam sein, vorher erst sich mit den Namen und der Gruppirung der Sterne nach unsern Chärtchen wenigstens oberflächlich bekannt zu machen.

Ekliptik.

279.

Zunächst erblicken wir in Tafel 9 und 10 die Projectionen eines *größten Kreises* am Himmel, der sogenannten Ekliptik, mit der wir im Verlaufe noch genauer Bekanntschaft machen werden; — dieser Kreis durchschneidet den Aequator in 2 Punkten XII und XXIV, die auch zugleich die Durchschnittspunkte des Anfangsstundenkreises sind; den VIten Stundenkreis aber trifft er in einem Punkte, der $23^1/_2$ Grad nördlich vom Aequator liegt, den XVIIIten Stundenkreis dagegen $23^1/_2$ Grad südlich vom Aequator. Diesen Kreis am Himmel aufzusuchen ist schon etwas schwieriger, da er seine Lage gegen den Beobachter verändert; am besten wird es uns gelingen, ihn zu finden, wenn wir die Sternbilder erst kennen, durch die er läuft.

Thierkreis.

280.

Diese Sternbilder, die, nahe zu beiden Seiten um diesen Kreis, die Ekliptik, liegend, gürtelartig den ganzen Himmel umgeben, heißen die Sternbilder des Thierkreises (Zodiacus). Der ganze Himmel wird durch dieses Band, das in Bausch und Bogen noch als in der Richtung des Aequators liegend angesehen werden kann, in 2 Theile, einen *nördlichen* und einen *südlichen*, getheilt. — Daher wir zur bequemern Uebersicht alle Sternbilder in 3 große Abtheilungen bringen können: *nördliche, Sternbilder des Thierkreises* und *südliche*.

281.

Die nördlichen Sternbilder

können wir in vier größere Gruppen zertheilen: das Gebiet des *großen Bären*, des *Cepheus* und der *Cassiopeja*, der *Leier* und des *Hercules*.

A. Das Gebiet des großen Bären

enthält:

1) den *großen Bären*. In ihm ragen vor allen die uns schon bekannten 7 Sterne hervor. Sie sind von der 2ten Größe; nur der, durch welchen der XIIte Stundenkreis (eine Fortsetzung des Anfangsstundenkreises) geht, erscheint etwas matter. Sie hießen bei den Alten die 7 Ochsen (septemtriones), auch wohl der große Wagen; die 4 Sterne im Viereck stellen die 4 Räder, die 3 übrigen die Deichsel vor. Der

Mittlere dieser Deichsel, der Mizar heißt, hat sehr dicht neben sich, so daß er fast doppelt erscheint, ein kleines Sternchen, Alcor oder das Reiterlein. — Die übrigen zum großen Bären gehörigen Sterne sind viel schwächeren Lichtes.

2) Den kleinen Bären. Eine Linie durch a und b (Fig. 42) des großen Bären trifft, wie wir wissen, den Polarstern, den äußersten des kleinen Bären, der auch der kleine Wagen heißt. Auch er bildet eine Gruppe von 7 Sternen, die der des großen Bären ähnlich ist; nur sind seine Sterne matter. Gehen wir vom Polarstern aus durch den kleinen Wagen hindurch und weiter, so treffen wir wieder auf die Deichsel des großen Wagens. Zwischen dem kleinen Bären und dem Fuhrmann (s. 6) stehen viele kleine Sterne zerstreut, die mehren Sternbildern angehören; das größte darunter ist

3) der Camelopard.

4) Bootes. Denken wir uns die Bogenlinie der Deichsel des großen Wagens nach dem Aequator zu verlängert, so treffen wir auf den schönen, in röthlichem Lichte funkelnden Stern erster Größe, Arcturus, im Sternbilde des Bootes, des Rinderhirten oder Bärenhüters, das sich bis hinauf zur Deichsel des großen Wagens erstreckt. — Vor dem Arcturus her, dem Löwen folgend, dreht sich am Himmel

5) das Haupthaar der Berenice, der Gemahlin des Ptolemäus Euergetes, Königs von Aegypten (230 v. Chr.). Die Königin hatte zum Danke für den glücklichen Ausgang eines Kriegszugs ihres Gatten ihre Locken im Tempel der Venus den Göttern geweiht. — Hier verschwanden sie plötzlich; — sie waren unter die Sterne versetzt. — Durch die Deichsel des kleinen Bären über den Polarstern hinausgehend finden wir das schöne Sternbild des

6) Fuhrmanns um den Vten und VIten Stundenkreis, unmittelbar nördlich vom nördlichsten Punkt der Ekliptik. Es ist kenntlich durch 5 Sterne, die ein unregelmäßiges Fünfeck formiren. Der dem Nordpol nächste Stern darunter, von der ersten Größe, heißt Capella. Wir erkennen ihn leicht an 3 kleinen Sternchen in seiner Nähe, die ein spitzes gleichschenkliges Dreieck bilden.

B. Das Gebiet des Cepheus und der Cassiopeja.

1) Cassiopeja, dem großen Bären in Beziehung auf den Nordpol gegenüber, leicht erkennbar an 5 Sternen dritter Größe, die die Gestalt eines großen lateinischen W oder zweier V haben, von denen das eine etwas flacher ist; der äußerste Stern des tieferen V liegt im Anfangsstundenkreis. — Vor ihr her, zwischen ihr, dem kleinen Bären und dem Schwan wandelt

2) Cepheus, ihr Gemahl, König von Aethiopien, nicht ausgezeichnet durch eine auffallende Sterngruppe. Vom Polarstern über die Cassiopeja hinaus treffen wir deren Tochter

3) Andromeda an den Felsen geschmiedet, leicht kenntlich durch drei in einem Bogen stehende Sterne zweiter Größe. Durch ihren Kopf,

den der Stern Sirrah bezeichnet, und der zugleich ein Stern des Pegasus ist, geht der Anfangsstundenkreis des Himmels, dessen Lage weiter nach dem Aequator zu noch durch den Algenib im

4) Pegasus festgelegt wird. Vier, ein großes Viereck bildende Sterne (der eine zugleich das Haupt der Andromeda), an welche sich noch ein fünfter mit Algenib und Markab in einer Reihe anschließt, zeichnen das Bild des geflügelten Rosses aus. Auf ihm gelangte

5) Perseus, Andromeda's Erretter, zu dem verhängnißvollen Felsen. Ihn selbst aber finden wir zwischen Andromeda und dem Fuhrmann, ausgezeichnet blos durch einen hellen Stern, der auch Algenib heißt. Nahe südlich von ihm steht Algol im

6) Haupt der Medusa, der schlangenhaarigen Gorgone, die Perseus, mit Minerva's Schild bewaffnet, bezwang, und deren versteinerndes Haupt er sodann in den Schild befestigte.

Zu dieser Mythe, die im Gebiet des Cepheus am Himmel verewigt ist, gehört auch noch das Seeungeheuer, dem Andromeda zum Opfer bestimmt war, und das unter dem Namen des Wallfisches unter den südlichen Sternbildern seinen Platz erhalten hat.

Kleiner an Umfang ist

C. das Gebiet der Leier.

Der Capella in Bezug auf den Pol ungefähr gegenüber und etwa so weit vom Polarstern entfernt als jene — steht

1) die Leier, mit dem schönen Stern erster Größe, Wega, die man leicht an den 3 kleinen nahe bei ihr stehenden Sternchen erkennt. Zwischen ihr und dem Pegasus fliegt

2) der Schwan mit dem hellen Sterne Deneb, zweiter Größe, der mit noch 4 schwächern ein großes Kreuz (den Schwan mit ausgebreiteten Flügeln) bildet. Unter Wega und Deneb nach dem Aequator zu finden wir leicht

3) den Adler, bestehend aus 3 nahe über einander stehenden Sternen, deren mittelster, Atair, der hellste ist.

Wega, Deneb und Atair bilden ein großes gleichschenkliges Dreieck, dessen Spitze, Atair, dem Aequator näher liegt. Hinter dem Adler her zieht das kleine Sternbild des

4) Delphins, der den Sänger Arion, als die Schiffer ihn in's Meer gestürzt hatten, nach Korinth trug. Vier Sternchen bilden ein verschobenes Viereck, ein fünftes steht etwas mehr nach dem Aequator zu.

D. Gebiet des Hercules.

Zwischen Leier und Adler auf der einen, Bootes auf der andern Seite schwingt

1) Hercules seine Keule. Gerade in der Mitte zwischen Atair und Arcturus erblicken wir 2 dicht über einander stehende Sterne. Der nördlichere, etwas schwächere, im Kopfe des Hercules heißt Ras-Algethi

oder Alpha Herculis, der südlichere hellere (zweiter Größe) steht im Kopfe des

2) Schlangenträgers. Die Windung der Schlange, die er hält und die fast von Atair bis zu Arcturus reicht, macht sich durch eine Reihe kleinerer Sternchen kenntlich; der hellste darunter steht gerade in der Mitte zwischen dem Kopfe des Schlangenträgers und Arcturus; nur etwas mehr nach dem Aequator zu.

Sehr auffallend ist zwischen Hercules und Bootes das Sternbild

3) der nördlichen Krone, ein Kranz von kleinen Sternchen, unter denen ein Stern zweiter Größe, Gemma, der Edelstein in der Krone, hervorleuchtet.

Nördlich über Hercules, vom Schwan und der Leier an, zwischen dem kleinen und großen Bären hin windet sich

4) der Drache, kenntlich an einer Reihe schwacher Sterne, von denen 2 dicht zusammen stehende, die mit 2 schwächeren ein verschobenes Viereck, den Kopf des Drachen, bilden, etwa in der Mitte zwischen Wega und dem kleinen Bären besonders auffallen.

282.

Die Sternbilder des Thierkreises.

Der Thierkreis ist, wie schon erwähnt, eine etwa 20 Grad breite Zone, die zu beiden Seiten der Ekliptik die ganze Himmelskugel umgürtet. Die Namen der zwölf Sternbilder, die ihn bilden, rühren aus dem grauen Alterthum her.

Zunächst südlich vom Fuße der Andromeda etwa 20° nördlich vom Aequator erblicken wir drei Sterne, zweiter, dritter und vierter Größe, die das Sternbild

1) des Widders bezeichnen. In ihm stand vor etwa 2000 Jahren die Sonne immer zu Frühlingsanfang, der Zeit der jungen Lämmer. — Die Griechen dachten dabei an den Widder, der das königliche Geschwisterpaar Phrixos und Helle über den Hellespont trug. — Hinter ihm her, südlich von der Capella wandelt

2) der Stier, kenntlich durch eine Gruppe von Sternen, die ein lateinisches V bilden. Der südöstlichste, ein Stern erster Größe mit röthlichem Licht, heißt Aldebaran, die übrigen nannten die Griechen die Hyaden oder das Regengestirn. Auf dem Rücken des Stiers in einem Bogen zwischen Aldebaran und dem Widder stehen die Plejaden, das Siebengestirn, eine Gruppe dicht aneinander gedrängter Sternchen. Hinter dem Stier, dessen Name daher rührt, daß zur Zeit, wo die Sonne in diesem Sternbilde stand, die Aecker gepflügt wurden, südöstlich vom Fuhrmann sitzen

3) die Zwillinge in friedlicher Eintracht neben einander. Zwei helle Sterne, die nördlichsten des ganzen Thierkreises, ihre Köpfe, heißen Castor und Pollux. Parallel mit diesen laufen unter der Ek-

liptik vier Sternchen, die Füße der Brüder. — Ihnen folgt von Osten her

4) der Krebs, nur aus kleinen, schwach schimmernden Sternchen bestehend. In dieses Sternbild trat im Alterthum die Sonne gegen den 21. Juni, wenn die Tage anfangen kürzer zu werden; daher das Sinnbild des Rückgangs. Unter dem großen Bären ruht

5) der Löwe, die Zeit der mächtigen Hitze bezeichnend, die die Sonne beim Durchgang durch ihn auf der Erde verbreitet. Vier Sterne, von denen Regulus, erster Größe, in der Ekliptik liegt, bilden ein leicht erkennbares Viereck, dessen südliche Seite länger als die nördliche ist. — Ihm folgt, etwas südwestlich vom Arcturus

6) die Jungfrau. (Ceres?) Fünf ihrer Sterne bilden ein lateinisches L. In der Mitte des von links nach rechts gehenden Striches dieses L durchschneidet die Ekliptik den Aequator. In der Ekliptik liegt ferner noch, südöstlich von jenen 5 Sternen, Spica, die Kornähre, ein Stern erster Größe, mit Denebola im Löwen und Arcturus ein fast gleichseitiges Dreieck formirend.

Die übrigen sechs, südlich vom Aequator liegenden, Sternbilder des Thierkreises sind:

7) die Wage, südlich vom Arcturus und der nördlichen Krone; sie bezeichnet die Gleichheit der Tage und Nächte zu Anfang des Herbstes (vergl. Schillers: Hero und Leander). Vier Sterne, von denen die nordwestlichern bedeutend heller sind, machen sie kenntlich. — Unter dem Schlangenträger kriecht der giftige

8) Scorpion, das Sinnbild der verheerenden Krankheiten, die zur Zeit des Eintritts der Sonne in dieses Sternbild herrschten. Ausgezeichnet in ihm ist Antares, erster Größe; zwischen diesem und der Wage stehen 3 kleinere Sternchen dicht über einander. — Südwestlich unter dem Adler steht

9) der Schütze mit gespanntem Bogen, die Zeit der Jagd im November und December andeutend, zu welcher die Sonne dieses Sternbild durchlief. Er ist das südlichste Bild des Thierkreises, und kommt bei uns nur wenig über den südlichen Horizont herauf. Er ist kenntlich durch 4 Sterne, die sich in einem Bogen zwischen Adler und Antares im Scorpion hinziehen; der eine, auf den man vom Polarstern über Wega weit nach Süden gehend trifft, der hellste davon, bildet mit 3 kleinen Sternchen ein kleines verschobenes Viereck. — Unter dem Adler finden wir

10) den Steinbock, das Aufklimmen der Sonne bezeichnend, weil die Tage im Decbr. und Januar wieder länger werden. Zwei Sternchen an seinem Kopfe, auf welche ein Stundenkreis durch Deneb im Schwan und den Delphin führt, machen ihn kenntlich.

11) Der Wassermann, südlich unter der Mitte zwischen dem Viereck des Pegasus und dem Delphin, ein Sinnbild des Regens im Februar, hat nur mattschimmernde Sterne. — Unter Pegasus und Andromeda endlich schwimmen

12) die Fische, den Fischfang bedeutend, ein weites Bild zweier durch ein langes Band verbundener Fische. Auf das hellste Sternchen, dritter Größe, im Knoten des Bandes trifft eine Linie vom Fuß der Andromeda durch den nördlichsten Stern des Widders. — In diesem Sternbild ist der andere Durchschnitt der Ekliptik mit dem Aequator.

283.

Die südlichen Sternbilder

sind in Deutschland nur bis etwa 40 Grade südlich vom Aequator sichtbar (vergl. Fig. 70), daher wollen wir sie auch nur so weit kennen lernen.

Unter dem Widder finden wir

1) den Wallfisch zugleich südlich von der Andromeda, die Neptun ihm zum Opfer bestimmte, und unter Perseus, der ihn erlegte. Drei in einer Reihe stehende Sterne, wovon der mittelste, Mira, von sehr veränderlicher Helligkeit ist, so daß er von der zweiten Größe abnimmt, bis er selbst mit Fernröhren nicht mehr erkannt wird, zeichnen ihn aus. Unter dem Stier, zwischen Orion und dem Wallfisch schlängelt sich

2) der Fluß Eridanus, der heutige Po, in welchen Phaeton herabfiel, bis tief nach Süden, wo er aus einem Stern erster Größe, Acharnar, der aber bei uns nie aufgeht, entspringt. Kleinere Sternbilder in ihm sind der Hase und die Taube. — Unter der Capella, südlich zwischen dem Stier und den Zwillingen steht das schöne Gestirn

3) des Orion, eines riesigen Jägers. Zwei Sterne erster Größe, Beteigeuze in der rechten Schulter, Rigel am linken Fuß, und vier zweiter Größe, Bellatrix in der linken Schulter, die drei übrigen gerade im Aequator dicht über einander stehend, der Gürtel des Orion oder der Jacobsstab genannt, so wie ein Stern dritter Größe an der Spitze des Schwertes, das an seiner Seite hängt, bilden ein großes Viereck, in dessen Mitte der Jacobsstab prangt. Ihm folgen zur Jagd

4) der kleine Hund, gerade unter den Zwillingen, erkennbar an zwei über einander stehenden Sternen, von denen der südlichere, Procyon, erster Größe ist; — und

5) der große Hund, südlich unter der Mitte zwischen dem kleinen Hund und Orion. Am Maule desselben glänzt Sirius, erster Größe, der hellste aller Sterne, mit silberfarbenem, etwas in's Bläuliche spielendem, funkelndem Lichte; westlich von ihm steht ein Stern zweiter Größe und südlich noch drei von der zweiten Größe in einem kleinen Dreieck. Zwischen dem kleinen und großen Hund zeigt sich

6) das Einhorn, nur schwächere Sterne enthaltend. — Unter der Jungfrau und dem Löwen her bis zum kleinen Hund zieht sich

7) die Wasserschlange. Ein Stern zweiter Größe, das Herz derselben, Alphard, steht zwischen Denebola im Löwen und Sirius;

oder ist die südliche Spitze eines Dreiecks, dessen beide andere Ecken Regulus und Procyon sind. In ihr befinden sich noch 2 kleinere Sternbilder, der Rabe und der Becher.

Unter dem Wassermann endlich, weit südlich vom Pegasus schwimmt

8) der südliche Fisch. Fomahand, ein Stern erster Größe darin, liegt mit den 3 Sternen des Wallfisches und Aldebaran im Stier in einer langen, der Ekliptik so ziemlich parallelen Linie.

Jupiter. Mars. Saturn. Venus.

284.

Sollte meinen Lesern bei Betrachtung des Himmels irgendwo im Thierkreise ein besonders heller Stern aufstoßen, der durchaus für keinen der im Vorigen erwähnten gehalten werden kann, so bitte ich denselben einstweilen als einen wißbegierigen Wanderer anzusprechen, der sich in den Gauen des Himmels ein wenig umsehen will, und der, weil er keinen festen Wohnsitz hat, wie die Fixsterne, von uns nicht als einem bestimmten Sternbild angehörig erwähnt werden konnte. Ist er dabei größer als die Fixsterne erster Größe und leuchtet er mit ruhigem gelben Lichte, so mögen sie ihn Jupiter nennen; ist er etwas kleiner und roth, wie glühendes Eisen, so wird es Mars sein, der ihnen begegnet; erscheint er in mattröthlichem Licht, noch kleiner als Mars, aber doch noch als Stern erster Größe, so mögen sie ihm den Namen Saturn geben; zeigt er sich aber mit glänzend silberweißem Lichte in der Abenddämmerung am westlichen, in der Morgendämmerung am östlichen Himmel, so ist das Venus, der Abend- oder Morgenstern. Mit einem mäßigen Fernrohr lassen sich übrigens diese „Planeten" augenblicklich von den Fixsternen unterscheiden. Man erblickt sie im Felde des Fernrohrs vergrößert als Scheiben von merklichem Durchmesser, während die Fixsterne nur als untheilbare Punkte erscheinen.

Milchstraße.

285.

Rings um den Himmel zieht sich ein breiter lichter Streifen, der die Milchstraße heißt und, durch stärkere Fernröhre betrachtet, sich in eine unabsehbare Menge ganz schwach schimmernder Sternchen auflös't. Wir sehen sie von Süden an zwischen Scorpion und Schütz in 2 Arme getheilt. Der eine geht durch den Adler und Schwan, der andere durch den Schlangenträger neben der Leier vorbei, um sich mit ersterem bei Deneb im Schwane wieder zu vereinigen. — Von da zieht sie sich durch Cassiopeja und Perseus, durchdringt südlich von der Capella den Fuhrmann, geht weiter zwischen den Füßen der Zwillinge und Beteigeuze im Orion, dann zwischen dem kleinen und dem großen Hund her, um sich, für uns unsichtbar, 60° südlich im XIIten Stundenkreise an die beiden Arme, die wir bei Schütz und Scorpion aufnahmen, wie-

der anzuschließen, so daß sie als ein geschlossener Kreis den ganzen Himmel umgiebt.

286.

Um die wichtigsten Linien am Himmel, wenn wir nur erst die Sterne kennen gelernt haben, leicht nach der Lage zu diesen auffinden zu können, will ich noch Folgendes hervorheben.

Aequator.			Ekliptik.			Anfangs- u. XII. Stundenkreis.
Grade südlich.	in ihm.	Grade nördlich.	Grade südlich.	in ihr.	Grade nördlich.	geht durch den
		14° Algenib. 14° Markab.			6° Kopf des Steinbocks.	Algenib im Pegasus.
		8° Atair.	5° Viereck im Schützen.			
		13° Kopf des Schlangenträgers.				Kopf der Andromeda.
				nördlichster des Scorpions.		
9° nördlichster der Wage.			6° Antares.			Aeußersten des tiefsten V in der Cassiopeja.
		20° Arcturus.		südlichster der Wage.	6° nördlichster der Wage.	
			2° Spica.			Polarstern.
10° Spica.		10° Vindemiatrix.		Unterer Haken des L in der Jungfrau.		
	Unterer Haken des L in der Jungfrau.				10° Denebola.	Mittelsten des großen Bären.
		16° Denebola. 14° Regulus.	14° Procyon.	Regulus.	7° Castor u. Pollux.	
				m der Zwillinge.		
8° Alphard.					4° südlichster des Fuhrmanns.	Mittelsten des untern Hakens des L in der Jungfrau.
		6° Procyon.				
		8° Beteigeuze. 7° Bellatrix.	5° Aldebaran.		4° Plejaden.	
	Jacobsstab.		11° Mencar.			
					10° Widder.	
8° Rigel.		3° Mencar im Wallfisch.				Raben.
4° Mira.						

Anfang des Sterntags.

287.

Wegen der täglichen Umdrehung des Himmels berührt die feste Meridianebene durch den Polarstern unser Zenith und unser Auge die Himmelskugel in immerfort andern und andern Stundenkreisen. In

dem Augenblick, wo der Anfangsstundenkreis in die Ebene des Meridians im Süden tritt, oder durch das Zenith geht, fangen die Astronomen ihren Tag (d. h. den sogenannten Sterntag) an. Dies geschieht (warum? werden wir aus (354) ersehen) alle Tage um beinahe 4 Minuten früher als am vorhergehenden, und namentlich

am	5.	Jan.	um	5	Uhr	Nachmitt.
„	21.	„	„	4	„	„
„	5.	Febr.	„	3	„	„
„	20.	„	„	2	„	„
„	7.	März	„	1	„	„
„	22.	„	„	12	„	Mittags
„	6.	April	„	11	„	Vormittags
„	21.	„	„	10	„	„
„	6.	Mai	„	9	„	„
„	22.	„	„	8	„	„
„	7.	Juni	„	7	„	„
„	21.	„	„	6	„	„

am	6.	Juli	um	5	Uhr	Morgens
„	22.	„	„	4	„	„
„	6.	Aug.	„	3	„	„
„	21.	„	„	2	„	„
„	5.	Sept.	„	1	„	„
„	21.	„	„	12	„	Mitternachts
„	6.	Oct.	„	11	„	Abends
„	21.	„	„	10	„	„
„	5.	Nov.	„	9	„	„
„	21.	„	„	8	„	„
„	6.	Dec.	„	7	„	„
„	21.	„	„	6	„	„

288.

Auf unsern Chärtchen zeigen die römischen Ziffern an den Stundenkreisen also an, wie viel Stunden nach dem Anfang des Sterntages noch verfließen müssen, bis der fragliche Stundenkreis im Meridiane steht.

Lage der Sternbilder gegen den Horizont.

289.

Jetzt sind wir im Stande zu bestimmen: welche Sterne an einem bestimmten Tage um eine bestimmte Stunde am sichtbaren Theil des Himmels stehen, und wo wir sie zu suchen haben. Ein Beispiel wird uns dies am besten deutlich machen.

Wir wollen den 5. Februar, Abends 7 Uhr, den Himmel beobachten. Aus der Tabelle (287) ersehen wir, daß an diesem Tage der Anfangsstundenkreis Nachmittags um 3 Uhr in unserem Meridian steht. — Um 7 Uhr sind dann 4 Stunden verflossen, dann fällt also der IVte Stundenkreis mit dem Meridian zusammen. Ziehen wir nun unsere Chärtchen Taf. 9 und 10 zu Rathe, so finden wir, daß, wenn wir uns gerade nach Süden wenden, Aldebaran ganz nahe, etwas mehr östlich aber Capella von unserm Meridian stehen muß, daß dagegen Perseus und der Widder etwas rechts davon zu suchen sei.

290.

Um aber auch vorher zu erfahren, welche Sterne über dem Horizont, also überhaupt an jenem Abende gegen 7 Uhr sichtbar sein werden, wollen wir Folgendes überlegen. — Da immer 180° des Aequators über dem Horizonte sind, und zwar 90° oder VI Stunden links

Bayerische Staatsbibliothek München

und VI Stunden rechts vom Meridian, so geht O (Taf. 10), der Durchschnittspunkt des Xten Stundenkreises mit dem Aequator (in der Wasserschlange), weil er VI Stunden vom Meridian oder dem Durchschnittspunkt M des IVten Stundenkreises mit dem Aequator (im Flusse Eridanus) entfernt ist, im Ostpunkte des Horizonts eben auf, der Punkt W im Wassermann aber als Durchschnittspunkt des XXIIten Stundenkreises mit dem Aequator im Westpunkte des Horizonts eben unter.

291.

Bedenken wir ferner, daß der Aequator bei uns in Deutschland (275) den Meridian 40° über dem südlichen Horizont durchschneidet, so muß S im IVten Stundenkreis (der zu der fraglichen Stunde grade Meridian ist), 40° südlich unter M, wieder ein Punkt des Horizonts und zwar der Südpunkt sein; der Horizont wird also die Himmelskugel in einer Linie durchschneiden, die von O, dem Ostpunkt in der Wasserschlange, durch diese, das Einhorn, den großen Hund, den Südpunkt S im Fluß Eridanus, den Wallfisch und den Wassermann bis zu W, dem Westpunkte, geht.

292.

Um nun auch die Lage des nördlichen Horizonts in Taf. 9 und 10 aufzusuchen, wollen wir zunächst den Ort des Himmels bestimmen, der grade im Nordpunkte liegt. Da dieser Nordpunkt auch in der Ebene des Meridians liegt, vom Polarsterne aber nach dem nördlichen Horizont der, dem IVten Stundenkreis grade gegenüberliegende, d. h. der XVIte Stundenkreis mit der Ebene des Meridians zusammenfällt, so haben wir den Nordpunkt im XVIten Stundenkreis zu suchen, und zwar, da der Polarstern 50° über ihm steht, 50° unter diesem oder 40° über dem Aequator. Es wird also N im Sternbilde des Hercules grade im Nordpunkte stehen, und daher der Horizont den Himmel von O aus weiter in einer Linie durchschneiden, die durch den Löwen, das Haupthaar der Berenice, den Bootes, über der Krone her, durch Hercules, die Leier, den Schwan und Delphin und durch Pegasus bis wieder zum Westpunkte W im Wassermann geht.

293.

Kennen wir also die Linie auf unsern Chärtchen, in welcher der Horizont den Himmel durchschneidet, so können wir unmittelbar aus einer Ansicht der Taf. 9 und 10 wenigstens in Bausch und Bogen bestimmen, wie am 5. Februar Abends 7 Uhr der gestirnte Himmel sich unsern Blicken darstellen wird. Wenden wir uns nämlich nach Süden, so erblicken wir zwischen S und O, also ungefähr in Südosten etwa 15° hoch den Sirius. In einer Höhe von 20° bis 40° etwas mehr nach dem Meridian zu wird Orion stehen, während Aldebaran fast 60° hoch beinahe im Meridian, Capella aber und Algenib

Bayerische Staatsbibliothek München

im Perseus östlich und westlich nahe am Zenith, das sich im Sternbilde des Perseus bei Z befindet, zu suchen ist. — Ueber dem westlichen Horizont finden wir Andromeda und Pegasus, im Ostsüdost aber Prochyon und die Zwillinge.

Drehen wir uns jetzt herum, so daß wir den nördlichen Theil des Horizonts vor uns haben, so finden wir (am besten nach Taf. 9) über dem Nordpunkt zunächst den Drachen und den kleinen Bären; etwas links vom Nordpunkt, ganz dicht über dem Horizont die Wega, etwas mehr links und höher den Schwan, — der Adler dagegen liegt unter dem Horizont; hoch über dem Schwan links oben vom Polarstern zeigt sich Cassiopeja, während der große Bär mit abwärts gekehrter Deichsel rechts vom Nordpol steht, und im Osten niedrig über dem Horizont schon die 3 Sterne des Löwen aufgegangen sind, Denebola aber noch unter dem Horizont ist.

294.

So können wir uns also mit leichter Mühe für die Betrachtung des Sternenhimmels an einem bestimmten Tag und zu einer bestimmten Stunde wenigstens oberflächlich vorbereiten, indem wir namentlich die Sterne, die nicht allzuhoch über dem Horizont erscheinen werden, schon in genau voraus zu bestimmenden Himmelsgegenden erwarten können.

Sehr bequem wird uns dazu ein Papier sein (Taf. 9 b und 10 b), das ein- für allemal in seiner krummen Begrenzung den Horizont vorstellt und für andere Tage und Stunden nur so auf die Taf. 9 und bezüglich 10 gelegt zu werden braucht, daß seine Punkte Ost und West immer im Aequator, Süd und Nord also immer 40° südlich oder nördlich davon, und zwar Süd immer in den Stundenkreis fällt, der zur fraglichen Stunde, wie aus (287) gefunden werden kann, im südlichen Meridian steht, Nord aber in den grade um XII Stunden entgegengesetzten.

295.

Zur noch leichteren Orientirung, und um einen Himmelsglobus entbehren zu können, der, wenn er gut sein soll, durch seinen höheren Preis nicht Jedem zu Gebote steht, sind in den Taf. 9 b und 10 b noch 8 von 30° zu 30° eingetheilte Scheitelkreise, die von den 8 Hauptthimmelsgegenden nach dem Zenith laufen, und bei einer bestimmten Lage der ausgeschnittenen Taf. 9 b *) und 10 b auf Taf. 9 oder 10 alle die

*) Die Taf. 9 b wird man so auf Taf. 9 legen, daß die Punkte P und P auf einander fallen, sich aber dabei Taf. 9 b auf Taf. 9 um P verschieben läßt, wozu man am einfachsten eine Nadel durch die beiden Punkte P stecken kann.

Was die Taf. 10 und 10 b betrifft, so kann man sie entweder beide eben ausgebreitet lassen, braucht dann aber 2 Exemplare der Taf. 10 b, die, wenn es nöthig wird, so aneinander gelegt werden, daß eines die Fortsetzung des an-

Sterne bedecken, die in dem bestimmten jener Lage entsprechenden Augenblick in den Verticalkreisen stehen, angegeben worden. — So finden wir z. B. leicht, daß in der Lage des Himmels gegen den Horizont am 5. Februar Abends 7 Uhr, in dem Scheitelkreis vom Westpunkt nach dem Zenith, von unten auf, Markab etwa 20°, der Kopf der Andromeda 40° hoch, darüber (nur wenig nach Südwest hin) die beiden andern Sterne der Andromeda und endlich Algenib im Perseus nahe beim Zenith stehen wird.

296.

Um noch kurz ein anderes Beispiel anzuführen, wollen wir den gestirnten Himmel am 21. April Abends 9 Uhr betrachten. Aus (287) erfahren wir, daß dann der XIte Stundenkreis im südlichen Meridian steht. — Legen wir dann die ausgeschnittene Taf. 9b so auf Taf. 9, daß P auf P, die Spitze des Sternzeit-zeigers in dem XIten, die Punkte Ost und West also im XVII. und Vten Stundenkreise liegen, ebenso Taf. 10b, nachdem sie ausgeschnitten worden, auf 10, daß Linie Süd Z auf den XIten Stundenkreis, die Punkte Ost und West aber auf den Aequator fallen, so finden wir:

Ueber dem Nordpunkt Cepheus, weiter nach Osten den Schwan, im Nordosten die Wega etwa 20° hoch, zwischen Ost und Ostnordost den Kopf des Schlangenträgers und Alpha im Hercules, im Ostsüdost in größerer Höhe, etwa 45°, Arcturus über der Wage, im Südost gen Süd die Spica. Im südlichen Meridian steht der Löwe 52° hoch, Denebola links, Regulus rechts. Im Westsüdwest sehr tief Sirius, etwas höher, etwa 30°, Prochyon, ganz im Westen Orion, Rigel schon untergegangen, darüber 45° hoch Castor und Pollux. Im Westnordwest Aldebaran; etwas mehr nach Nordwest und höher, etwa 35°, Capella. Zwischen Nordwest und Nord endlich Perseus und Cassiopeja; der große Bär aber steht grade über dem Pol, beinahe im Zenith.

297.

Verschieben wir die Taf. 9b und 10b, bis der Meridian mit dem XIIten Stundenkreis zusammenfällt, so finden wir, daß von 9 bis 10 Uhr am 21. April Sirius, Aldebaran, der Gürtel Orions und Bellatrix untergehen; im Ostsüdosten aber unterdessen ein Stern des Scorpions aufgegangen ist, und daß auch Antares etwa gegen $^1/_2$11 Uhr aufgehen würde. Die Ekliptik aber reicht von Ostsüdost nach Westnordwest.

298.

Eine andere Reihe von Fragen, die wir jetzt beantworten können, ist die: Zu welcher Zeit findet man ein bestimmtes

---

dern ist, — oder kann Taf. 10 vom Buchbinder auf die äußere Seite eines Cylinders kleben lassen, — die Taf. 10 dann aber auch in Form eines Hohlcylinders bringen, der sich auf dem erstern leicht verschieben läßt.

der bei uns untergehenden Sternbilder über dem Horizont? Wir wollen z. B. den Fomahand gern einmal sehen und zwar ist es heute der 5. Juli; zu welcher Stunde wird er sichtbar sein, vorausgesetzt, daß der südliche Horizont für unsern Beobachtungsort frei ist? Durch Verschieben der ausgeschnittenen Tafeln auf den Sterncharten ersehen wir, daß er aufgegangen sein und in Südósten stehen wird, wenn es XX Uhr Sternzeit ist. Seine Culmination tritt um XXIII Uhr ein; untergehen dagegen und zwar im Südwesten wird er, wenn es II Uhr Sternzeit ist. Am 5. Juli fängt nun der Sterntag etwa 5 Uhr Morgens an, nach XX Stunden ist es 1 Uhr Nachts, II Uhr Sternzeit aber trifft mit 7 Uhr Morgens zusammen; er wäre also sichtbar von 1 Uhr Nachts bis zum Aufgang der Sonne; wollen wir ihn aber in einer bequemen Abendstunde sehen, so müssen wir einen Tag wählen, an welchem zu einer solchen Abendstunde XX, XXI, XXII, XXIII, 0, I oder II Uhr Sternzeit ist. Wählten wir z. B. den 21. December, so würde er Abends gegen 5 Uhr grade im Meridian stehen.

299.

Nützliche Dienste leistet uns hierzu der Kreis Taf. 18b, den wir auf Taf. 18 so legen, daß die beiden Mittelpunkte M aufeinanderkommen. Durch die beiden Punkte M stecken wir dann eine Nadel und können nun 18 b auf 18 um die Nadel als Axe herumschieben.

Lassen wir dann die Pfeilspitze auf eine römische Zahl zeigen, so deuten die auf einander treffenden Tagesstunden und Monatstage an, zu welcher Tagesstunde an einem bestimmten Tag des Jahres, oder an welchem Tage zu einer bestimmten Tagesstunde die durch die römische Zahl angegebene Stunde Sternzeit eintritt. — Deutet z. B. die Pfeilspitze auf XX, zu welcher Sternzeit also Fomahand aufgeht, so finden wir

an einem gegebenen Tag, z. B.
am 10. Aug. ist XX Uhr Sternzeit od. Fomahands Aufg. $^3/_4$ auf 11 Abends
„ 25 März „ „ „ „ „ $^1/_2$ 8 Morgens,

um eine bestimmte Stunde aber, z. B.
um 6 Uhr Abends . . . . . 20. October.
„ 4 „ Morgens . . . . . 21. Mai.

Ebenso kann man die Taf. 18 auch noch benutzen, um für eine gegebene Tagesstunde eines bestimmten Tages die dann stattfindende Sternzeit zu finden. Richtet man nämlich den fraglichen Tag auf die fragliche Tagesstunde, so deutet die Pfeilspitze auf die Sternstunde.

(300.)

Wollten wir bestimmen, wie der Fixsternhimmel zu einer gewissen Stunde eines bestimmten Tages an einem andern Orte von bedeutend anderer Polhöhe, z. B. in Algier oder in Stockholm sich einem Beobachter darstellen würde, so müßten wir uns neue Horizontbegrenzungen und Scheitelkreise machen, was meine Leser we-

nigstens im Rohen selbst versuchen mögen, indem ich ihnen nur den Wink gebe, daß der Horizont auf Taf. 9b ein Stück eines Kreises ist, der ganz so wie (257) die Projection der Meridiangrade gezogen werden muß. Wie die andern Linien, namentlich die Scheitelkreise gefunden werden, kann ich aber, ohne zu weitläufig zu werden, nicht wohl deutlich machen. — Sie können sich aber denken, in Ermangelung einer genauern Methode hätte ich an einem Himmelsglobus, den ich für 50° Polhöhe orientirt, den messingenen Scheitelkreis Zx (Fig. 70) z. B. in die Lage vom Zenith nach Nordwest gebracht und nachgesehen, durch welche Sterne und Sternbilder er lief und durch die entsprechenden Punkte auf den Taf. 9 und 10 Linien gezogen, und so die Taf. 9b und 10b zu Stande gebracht.

301.

Unmittelbarer orientirt man sich, wie schon erwähnt, durch einen guten Himmelsglobus wegen seiner der Wirklichkeit vollkommen ähnlichen Gestalt. Nur die einzige Unannehmlichkeit ist dabei, daß man die Gruppen der Sternbilder sich immer erst vom Rechts in das Links übersetzen muß.

Wie man nun mittelst eines solchen Globus die vorhergehenden Aufgaben lösen könne, werden meine Leser, falls sie über einen gebieten können, ohne Schwierigkeit entdecken; ich will ihnen das Vergnügen des Selbstfindens nicht nehmen.

Wirkliche Verfertigung von Himmelsgloben.

302.

Eine Frage aber möchten sie wohl noch beantwortet wünschen. — Wie konnten denn die Sterne in ihrer richtigen Lage zu einander auf eine kleine Kugel aufgetragen werden? Ein bloßes Abzeichnen nach dem Augenmaße konnte doch unmöglich eine hinlängliche Genauigkeit geben?

Dazu haben die Astronomen ein eben so einfaches als genaues Mittel. Sie stellen ihren Theodolithen so fest, daß das Fernrohr die Meridianebene durchläuft, und haben eine Uhr, die beim Durchgang des Anfangsstundenkreises (oder eines Sternes in ihm, z. B. des Kopfes der Andromeda) durch den Meridian 0 Uhr zeigt, und bis zur nächsten Culmination desselben Sternes genau 24 Stunden (von 0 bis 24 fortgezählt) durchwandert. Steht nun z. B. ein Stern im Xten Stundenkreis, wie z. B. Regulus, so wird er auch genau zur 10ten Stunde ihrer Uhr culminiren, und umgekehrt, haben sie in der Zeitangabe ihrer Uhr im Augenblick des Durchgangs eines Sterns durch den Meridian ohne Weiteres den richtigen Stundenkreis, in dem dieser Stern steht. — Die Entfernung des Sterns nördlich oder südlich vom Aequator können sie dann allemal am Höhenkreis unmittelbar ab-

lesen, wenn sie nur den Zeiger desselben so angebracht haben, daß er 0° zeigt, wenn das Fernrohr in der Aequatorebene steht.

303.

Die Entfernung des durch einen Stern gehenden Stundenkreises vom Anfangsstundenkreis, in Graden oder Stunden angegeben, nennen sie die Rectascension (gerade Aufsteigung), die Entfernung des Sterns aber nördlich oder südlich vom Aequator Declination (Abweichung). So hat z. B.

Aldebaran	4	Stund.	27	Minut.	$= 66^{o}\,45'$	Rectasc.;	$16^{o}\,11'$	nördl.	Declination.
Spica	13	"	17	"	$= 199^{o}\,15'$	" ;	$10^{o}\,21'$	südl.	"
Sirius	6	"	38	"	$= 99^{o}\,30'$	" ;	$16^{o}\,31'$	südl.	"

Haben sie also die Rectascension und Declination von Sternen beobachtet, so können sie diese auf einen Himmelsglobus oder auf Himmelscharten in richtiger gegenseitiger Lage aufzeichnen; ebenso, wie man einen Ort der Erde, dessen Länge und Breite bekannt ist, auf einen Erdglobus auftragen konnte.

Beobachtungen der Sonne.

Eigene Bewegung der Sonne unter den Fixsternen.

304.

Schon einigemal habe ich bei der Beschreibung der Sternbilder des Thierkreises erwähnt, daß die Sonne zu verschiedenen Zeiten des Jahrs zwischen verschiedenen Gestirnen stehe. Trotz dem, daß man nun neben der Sonne, deren Glanz alles schwächere Licht verdunkelt, keine Sterne erkennen kann, überzeugte man sich von dieser Thatsache doch schon im grauen Alterthume. Beobachtete man nämlich die Sterne, die in der Morgendämmerung am östlichen, oder in der Abenddämmerung am westlichen Himmel erschienen, so waren es zu verschiedenen Jahreszeiten immer andre und andre. Ein Stern, der jetzt einige Zeit nach Sonnenuntergang am westlichen Horizont versank, ward nach einigen Wochen, während welcher er von Abend zu Abend immer kürzere und kürzere Zeit hinter der Sonne unterging, gar nicht mehr gesehen, ging aber bald darauf kurz vor der Sonne auf, um mit jedem Morgen früher und früher vor ihr herzuwandeln, zum Zeichen, daß die Sonne in der Richtung von Westen nach Osten den Himmel durchzieht.

Ekliptik.

305.

Wollen wir diesen Weg der Sonne, der der täglichen Umdrehung des Himmels von Osten nach Westen, an der auch sie Theil nimmt,

gerade entgegengesetzt ist, genauer bestimmen, so richten wir alle Tage z. B. genau um 12 Uhr Mittags unser Theodolithenfernrohr nach der Sonne, lassen es unverrückt stehen, und bemerken uns die Stelle unter den Fixsternen, auf die es um Mitternacht, genau 12 Sternstunden später zeigt, mit möglichster Schärfe auf einem Himmelsglobus. Gehen wir dann auf demselben Parallelkreise 180° fort, so gelangen wir zu dem Punkte an der Himmelskugel, an welchem die Sonne den vergangenen Mittag gestanden. Bestimmen wir auf diese Weise den Ort der Sonne von Mittag zu Mittag, so finden wir, daß die verschiedenen Sonnenörter sich zu einem geschlossenen größten Kreis aneinanderreihen, der den Aequator in zwei, 180° von einander entfernten, Punkten durchschneidet, und den wir im Vorigen unter dem Namen Ekliptik hinlänglich kennen gelernt haben.

Frühlings- und Herbstnachtgleichepunkt; Schiefe der Ekliptik.

306.

Nach 365 Tagen finden wir stets die Sonne wieder an derselben Stelle des gestirnten Himmels. Die Zeit des eignen Umlaufs der Sonne unter den Fixsternen ist also ein Jahr. Der eine jener Durchschnittspunkte der Ekliptik mit dem Aequator findet sich im Sternbild der Fische und heißt, weil die Sonne daselbst den 21sten März, also zu Anfang des Frühlings steht, der Frühlingsnachtgleichepunkt, — der andere Durchschnittspunkt (im Sternbild der Jungfrau), den die Sonne den 22sten September erreicht, dagegen Herbstnachtgleichepunkt. Die Ebene der Ekliptik ist gegen die des Aequators etwa $23^{1}/_{2}$ Grad geneigt, was wir daran sehen, daß sie den VIten und XVIIIten Stundenkreis, die 90° vom Frühlings- und Herbstpunkte entfernt sind, $23^{1}/_{2}$ Grad nördlich oder südlich vom Aequator trifft (vergleiche 46). Dieser Neigungswinkel der Ekliptikebene gegen die Aequatorebene heißt Schiefe der Ekliptik.

Zeichen der Sternbilder des Thierkreises.

307.

Die Ekliptik, den jährlichen Weg der Sonne unter den Fixsternen, hatten schon die Alten durch ähnliche Beobachtungen, wie wir sie (305) angestellt haben, gefunden. Wahrscheinlich nahmen sie den 12 Monaten zu Gefallen in der Ekliptik die 12 Sternbilder an; weil diese aber nicht wohl von gleicher Ausdehnung waren, theilten sie vom Frühlingspunkt ausgehend den Kreis in 12 genau gleiche Theile und nannten jeden solchen, der eine Länge von 30° hatte, das Zeichen desjenigen Sternbildes, in welchem die fraglichen 30° zum größten Theile lagen. Diese 12 himmlischen Zeichen sind:

♈ ♉ ♊ ♋ ♌ ♍

Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, nördlich vom Aequator;

♎ ♏ ♐ ♑ ♒ ♓

Wage, Scorpion, Schütz, Steinbock, Wassermann, Fische, aber südlich von demselben.

Die ersten 6 durchwandert die Sonne vom 21. März bis zum 22. oder 23. September, also im Frühjahr und Sommer, die letztern aber im Herbst und Winter vom 23. September bis zum 21. März.

308.

Vor etwa 2000 Jahren, als die Namen der Sternbilder des Thierkreises und die Eintheilung der Ekliptik aufkam, lag der Frühlingsnachtgleichepunkt im Sternbild des Widders, und von ihm an befanden sich die 12 Zeichen jedesmal fast ganz in den gleichnamigen Sternbildern. Heut zu Tage hat sich die Sache bedeutend geändert. Der Frühlingspunkt liegt, wie wir wissen, im Sternbild der Fische. Nichts destoweniger zählt man aber jetzt noch das Zeichen des Widders vom Frühlingsnachtgleichepunkt aus; dies liegt daher fast ganz im Sternbild der Fische, das Zeichen des Stiers im Sternbild des Widders, — und so fort; — so daß sich also das Zeichen eines Sternbildes immer im vorhergehenden Sternbild findet. Wenn daher z. B. von der Wage oder dem Schützen ꝛc. die Rede ist, hat man immer genau zu unterscheiden, ob das Sternbild oder das gleichnamige Zeichen gemeint sei.

Präcession, Platonisches Jahr.

309.

Diese Ortsveränderung des Frühlingsnachtgleichepunktes, die in etwa 2000 Jahren fast 30° betragen hat, geht nicht sprungweise, sondern, wie die Beobachtungen zu den verschiedensten Zeiten zeigen, stetig vor sich; der Frühlingspunkt geht alle Jahre um etwa 52 Secunden in der Ekliptik von Ost nach West, eine Bewegung, die die Astronomen die Präcession oder das Vorrücken der Nachtgleichen nennen. Da 360 Grad 1296000 Secunden enthalten und der Frühlingspunkt in einem Jahre 52 davon durchwandert, so braucht er zu einem ganzen Umlauf um den Himmel etwa 25000 Jahre. Diese Periode, die schon die Alten kannten, heißt das große Platonische Jahr.

Der Aequator verändert seine Lage.

(310.)

Fragen wir, was denn am Himmel eigentlich wandelbar ist, um diese Verrückung der Durchschnittspunkte zweier Kreise auf der unveränderlichen Fixsternkugel hervorzubringen, so können wir den nächsten Grund nur darin suchen, daß entweder blos die Ekliptik, oder blos der Aequator oder beide zugleich sich verschieben. Nach allen Beobachtungen, die seit 2000 Jahren angestellt wurden, ist aber die Ekliptik fest und unveränderlich am Himmel geblieben, denn sie ging zu allen Zei-

ten durch dieselben Fixsterne. Nicht so verhält sich's aber mit dem Aequator. Dieser nimmt von Jahr zu Jahr eine andre, wenn auch nur wenig veränderte, Lage gegen die Fixsterne an, wobei aber seine Neigung gegen die Ekliptik zu allen Zeiten dieselbe, nämlich etwa $23^1/_2$ Grad geblieben ist.

(311.)

Um uns diese Verrückung des Aequators bei unveränderter Neigung seiner Ebene zu der der Ekliptik deutlich zu machen, denken wir uns Figur 71 aus 2 übereinanderliegenden Kugelschalen bestehend. Auf der einen ist die Ekliptik FCHEF, und alle Sterne des Firmaments, so wie auch der Punkt P, der überall 90° von der Ekliptik absteht und deshalb Pol der Ekliptik heißt (E im Sternbilde des Drachen Taf. 9), unveränderlich aufgezeichnet. In der andern inneren Kugelschale ist die Ebene des Aequators FQHAF, und mit dieser unter einem Neigungswinkel von $23^1/_2$ Grad fest verbunden, eine 2te Ebene FCHEF ausgespannt; die beiden Ebenen durchschneiden sich in der Linie FH, deren Mitte auch Mittelpunkt der Kugeln ist. Ferner sind auf dieser 2ten Kugelschale N und S die Pole des Aequators oder der Nord- und Südpol des Himmels, F der Frühlingspunkt und H der Herbstpunkt, so wie die 24 Stundenkreise, die von N nach S gehen und von denen der durch F der 0te, durch H der XIIte, durch A der XVIIIte ist, bezeichnet; außerdem ist noch der Kreis FCHEF von 30° zu 30° in die Himmelszeichen getheilt und diese darauf bemerkt.

(312.)

Legen wir diese beiden Kugelschalen wie in Fig. 71 ineinander, so daß die Kreislinie der Ebene FCHEF der 2ten Schale mit der Ekliptiklinie der ersten Kugel genau zusammenfällt und die Zeichen der 2ten und der gleichnamigen Sternbilder der ersten Kugel übereinanderstehen, so entspricht diese Lage dem Stande des Himmels vor 2000 Jahren. Drehen wir nun die 2te Schale so, daß F nach F' kommt, während ihr Kreis FCHEF stets auf dem gleichnamigen der ersten Schale hergleitet, so sehen wir, bei unveränderter Neigung der Aequatorebene FQHA gegen die der Ekliptik FCHEF, den Frühlingspunkt F und mit ihm die Zeichen unter den Fixsternen sich verrücken, so daß F in das Sternbild der Fische, das Zeichen der Fische aber in das Sternbild des Wassermanns u. s. f. gelangt.

(313.)

Zum bessern Verständniß werden wir wohlthun, hierzu ein, wenn auch nur ganz einfaches, Modell zu benutzen. Wir lassen uns vom Tischler ein rundes Brettchen EFCHLJ machen, an dessen Rand wir die Sternbilder des Thierkreises schreiben. Seine obere Ebene EFCHE stellt die Ebene der Ekliptik dar. Darauf wird ein zweites Brettchen FEHA gepaßt, dessen Ebenen, EFH die Ekliptikebene, und

A F H die Aequatorebene vorstellend, $23^1/_2$ Grad gegen einander geneigt sind. Den Rand H E F theilen wir von 30^0 zu 30^0 ein und schreiben in diese Abtheilungen die Zeichen ♎ ♏ ♐ ♑ ♒ ♓; in die Mitte des ersten Brettchens stecken wir senkrecht zur Ekliptikebene eine Stecknadel P M, in den Punkt M des 2ten Brettchens aber die Nadel N M senkrecht zur Aequatorebene A F H fest; und können dann das 2te Brettchen auf dem festliegenden ersten gehörig verschieben.

Der Nordpol wandert um den Pol der Ekliptik.

(314.)

Thun wir das, so werden wir augenblicklich bemerken, daß mit der Verschiebung von F auch zugleich eine Lagenveränderung der Nadel M N um die feststehende M P verbunden ist; so gelangt, wenn F nach F' kommt, der Knopf N in den Punkt 2 in dem Kreise N 2, 4 . . . . n. — So steht die Sache in der Gegenwart. Kommt F wieder nach 2000 Jahren um etwa 30^0 weiter in der Ekliptik nach F'', so wird N sich in 4 befinden. Nach etwa 10000 Jahren wird N in n, F in H, H aber in F sein, bis endlich in 22000 bis 23000 Jahren von jetzt an der Frühlingspunkt F wieder in das Sternbild des Widders fallen wird, nachdem N, der Nordpol des Himmels, einen ganzen Kreislauf um den festen Pol der Ekliptik unter den Fixsternen vollendet hat. Hieraus ersehen wir leicht, daß unser jetziger Polarstern nicht zu allen Zeiten den Nordpol des Himmels bezeichnet hat und bezeichnen wird, indem die Umdrehungsaxe der Weltkugel im Laufe der Jahrtausende ihre Lage verändert; daß es aber noch viele Jahrhunderte dauern kann, bis der heutige Polarstern seinen Rang verlieren wird, unter allen hellern Sternen dem Nordpol am nächsten zu stehen.

(315.)

Fragen wir nach der Entfernung von P und N in Graden, so findet sich die Antwort sehr leicht: Legen wir nämlich eine Ebene längs P M, so daß sie zugleich durch M N geht, so schneidet sie den Himmel in dem Bogen E A P N, in welchem A und E beide 90^0 von F und H entfernt sind, daher (46) der Bogen A E den Neigungswinkel der Ekliptik und des Aequators mißt, und also $23^1/_2{}^0$ enthält. Da nun E A und A P zusammen, und auch N P und P A zusammen 90^0 ausmachen, indem P, als der Pol der Ekliptik, 90^0 von jedem Punkt derselben, also auch von E, und N als Pol des Aequators ebenso 90^0 von jedem Punkt in diesem, also auch von A entfernt ist, so muß N P auch $23^1/_2{}^0$ betragen, während A P $66^1/_2{}^0$ mißt. Zugleich ersehen wir, da A im Aequator noch 90^0 oder VI Stunden von F entfernt ist, daß der Bogen N P A E der XVIIIte Stundenkreis ist; und da dieser Bogen fest an N und A gekettet ist, und bei der Verschiebung des Aequatorbrettchens sich mit verschiebt, dabei aber immer durch P geht, so folgt, daß der Pol der Ekliptik für alle Ewigkeit im XVIIIten Stundenkreise bl

ben wird, wenn dieser auch selbst von Jahr zu Jahr durch andre Fixsterne und namentlich auch durch andre Punkte der Ekliptik gehen wird.

Erscheinungen, bedingt durch den jährlichen Weg der Sonne, verbunden mit dem täglichen Umschwung des Himmels.

Parallelkreise der Sonne. — Wendekreis des Krebses und Steinbocks.

316.

Von der Betrachtung dieser Veränderungen, die zu unmerklich sind, als daß wir sie nicht für die Dauer eines Menschenlebens einstweilen ganz ignoriren könnten, wenden wir uns wieder zu Erscheinungen, die näher mit unserm Wohl und Wehe zusammenhängen; zu den Erscheinungen, die der jährliche Umlauf der Sonne in der Ekliptik in Verbindung mit dem täglichen Umschwung des Himmels darbietet.

Zu Frühlingsanfang am 21. März eines jeden Jahres finden wir die Sonne in dem Punkte F (Fig. 70) der Ekliptik, wo diese sich mit dem Aequator durchschneidet. Da sie sich also an diesem Tage auch zugleich im Aequator befindet, so ist der Parallelkreis, den sie vermöge des täglichen Umschwungs des Himmels beschreibt, der Aequator selbst. Den nächsten Tag ist sie aber in der Ekliptik um beinahe einen Grad (in 365 Tagen durchläuft sie 360°) weiter gerückt, sie steht in b und beschreibt nun den Parallelkreis des Sternes b. Nach 30 Tagen, am 21. April, ist sie zum Anfang des Zeichens des Stiers gelangt und durchläuft an diesem Tage bei der Drehung der Kugel um NP, SP den punktirten Parallelkreis.

Nach 3 Monaten endlich, am 21. Juni, wo sie, um 90° vom Frühlingspunkt F entfernt, im Anfange des Zeichens des Krebses [etwa beim nördlichsten Fuße der Zwillinge (s Fig. 70)] steht, beschreibt sie den nördlichsten unter allen ihren Parallelkreisen, der den Namen Wendekreis des Krebses führt; denn nun wendet sie sich wieder dem Aequator zu, bis sie am 21. September im andern Durchschnittspunkt der Ekliptik und des Aequators steht, und also wieder den Aequator während dieses Tages durchläuft.

Während des Herbstes geht sie in der Ekliptik immer südlicher und gelangt am 21. December, zu Wintersanfang, in das Zeichen des Steinbocks (im Schützen, w Fig. 70), wo sie am meisten südlich ($23^1/_2{}^\circ$) vom Aequator steht, um an diesem Tage den Wendekreis des Steinbocks zu durchwandern.

Während des Winters sehen wir sie dann endlich die 3 Zeichen ♓, ♒, ♑, oder die Sternbilder Fische, Steinbock, Wassermann, durchlaufen, bis sie am 21. März wieder den Aequator in F erreicht, um ihren Kreislauf in derselben Ordnung von Neuem zu beginnen.

317.

Um uns diese doppelte Bewegung der Sonne, die jährliche in der Ekliptik unter den Fixsternen, verbunden mit dem täglichen Um-

schwung, den sie mit dem ganzen Himmel theilt, zu versinnlichen, denken wir uns in F (Fig. 70) einen leuchtenden Punkt, etwa ein Johanniswürmchen, das die Sonne vorstellen mag. Wir drehen nun den Globus um seine Axe NP, SP 365mal mit gleichförmiger Geschwindigkeit herum. Während dieser Zeit wandert aber unser Käferchen auch mit gleichmäßiger Geschwindigkeit einmal um die ganze Kugel in der Ekliptiklinie herum. — Der Weg, den das Johanniswürmchen dabei im Raume zurücklegt, ist dann, wie wir leicht sehen, eine schraubenförmige Bahn, wovon $^{365}/_{4}$, etwa 91, Windungen vom Aequator bis zum Wendekreis des Krebses, 91 von da wieder zurück, eben so viel vom Aequator bis zum Wendekreis des Steinbocks und wieder 91 zurückgelegt werden, während der Käfer von w bis F gelangt. — Der tägliche Weg der Sonne ist also nicht genau ein Parallelkreis, sondern eine Schraubenwindung, die nur näherungsweise mit einem Parallelkreis zusammenfällt.

Abwechselnde Länge der Tage und Nächte, Veränderung des Aufgangs- und Untergangspunkts und der Mittagshöhe der Sonne.

318.

Von diesem Umstande, daß die Sonne von Tag zu Tag immer andere und andere Parallelkreise beschreibt, die bald näher bald ferner vom Aequator sich befinden, hängen die bekanntesten und wichtigsten Erscheinungen, namentlich die verschiedene Länge der Tage und Nächte und der Wechsel der Jahreszeiten ab.

Verstehen wir vorerst unter Tag die Zeit, während welcher die Sonne über, unter Nacht aber den Theil des 24stündigen Umlaufs, während dessen sie sich unter dem Horizont befindet, so giebt uns Fig. 72 über folgende uns sehr bekannte und geläufige Thatsachen Aufschluß:

Bedeutet der Kreis nwson den Horizont für einen Beobachter in Deutschland, n den Nordpunkt, s den Südpunkt, der Kreis nNrqts... den Meridianbogen am Himmel, NS die Himmelsaxe, der Bogen $nN = 50^{o}$ die Polhöhe, der Bogen $sq = 40^{o}$ aber die Aequatorhöhe über dem Südpunkt, so wird der Kreis äoqwä den Himmelsäquator, und wenn die Bogen qr, qt, äk, äs alle $23^{1}/_{2}{}^{o}$ betragen, der Kreis karuk den Wendekreis des Krebses, s'atus' aber den Wendekreis des Steinbocks vorstellen.

319.

Eine flüchtige Ansicht der Figur zeigt uns nun augenblicklich, daß von dem Aequator die Hälfte oqw über, die Hälfte wäo aber unter dem Horizonte liegt. Da nun die Sonne ihre täglichen Parallelkreise mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zurücklegt, so wird sie am 21. März und 23. September, an welchen Tagen sie den Aequator durchläuft, von o (Fig. 72) dem Aufgangspunkt (im Ostpunkt) — über q, wo sie ihren höchsten Stand über dem Horizont, 40° (die Mittags-

höhe), erreicht, bis zu ihrem Untergange im Westpunkte w auch gerade so viel Zeit gebrauchen, als um von w durch ä wieder bis nach o zu gelangen; d. h. es wird Tag und Nacht gleich lang sein, also jede 12 Stunden dauern.

Beschreibt die Sonne am 21. Juni den Wendekreis des Krebses karuk, so sehen wir gleich, daß der Theil desselben aru, der über unserm Horizont liegt, wenigstens noch einmal so lang ist, als der Bogen uka unter dem Horizont, daß also der Tag wenigstens doppelt so lange dauern wird, als die Nacht, daß also jener etwa 16, diese dagegen kaum 8 Stunden betragen wird. Zugleich fällt es uns in die Augen, daß der Aufgangspunkt a beinahe in der Mitte zwischen Nord n und Osten o und ebenso w, der Untergangspunkt der Sonne, etwa im Nordwesten liegen mag, die Mittagshöhe derselben rqts aber $23^1/_2{}^0$ mehr als die Aequatorhöhe qs, also etwa $63^1/_2{}^0$ betragen muß.

Betrachten wir endlich den Wendekreis des Steinbocks, den die Sonne am 21. December durchläuft, so finden wir den Tagbogen atu kaum $^1/_3$ des 24stündigen Umlaufs, es wird daher kaum 8 Stunden Tag sein, die Nacht dagegen, während welcher die Sonne von u durch s' nach a wandert, 16 Stunden betragen. Der Aufgangspunkt a liegt jetzt fast im Südosten, der Untergangspunkt u aber im Südwesten des Horizonts, und die Höhe, die die Sonne zu Mittag erreicht, ts, beträgt jetzt nur $16^1/_2{}^0$ (qt, d. h. $23^1/_2{}^0$ weniger als die Aequatorhöhe $qs = 40^0$).

320.

Nehmen wir einen Tag zwischen dem 21. März und 21. Juni, oder zwischen dem 21. Juni und 23. September, so wird der Parallelkreis, den die Sonne an einem solchen Tage durchläuft, zwischen karuk und äoqwä liegen; der Aufgangspunkt sowie der Untergangspunkt liegt dem Ost- und Westpunkt näher als am 21. Juni, die Mittagshöhe ist größer als qs am 21. März oder 23. September, kleiner aber als rs am 21. Juni, ebenso der Tagbogen im Vergleich zum Nachtbogen größer als zu Frühlings- und Herbstanfang, kleiner aber als am 21. Juni, daher auch der Tag länger als am 21. März und 23. September, kleiner aber als zu Sommersanfang.

Ganz ähnliche Resultate erhalten wir für einen Tag zwischen dem 23. September und 21. December, oder 21. December und 21. März, an welchem die Sonne ihren täglichen Umlauf in einem zwischen dem Aequator und dem Wendekreis des Steinbocks liegenden Parallelkreis vollendet.

Ueberlegen wir uns die Sache ruhig, und vergleichen namentlich mehre aufeinander folgende Tage, so werden wir es vollkommen erklärt finden, daß vom 21. December an die Tage immer länger werden, die Sonne immer weiter nach Nordost zu aufgeht, einen immer höheren Mittagsstand erreicht und in einem immer weiter nach Nord-

west liegenden Punkt des Horizonts untergeht, vom 21. Juni an aber die Tage wieder abnehmen, die Mittagshöhe kleiner wird, und der Auf= und Untergangspunkt von Tag zu Tag wieder mehr nach Süden zu rückt, bis diese Größen alle am 21. December wieder ihren kleinsten Werth erreicht haben, um diesen jährlichen Cyclus von Neuem zu durchlaufen.

Bestimmung der Tagdauer und des Wegs der Sonne über dem Horizont für einen gegebenen Tag und Ort.

321.

Wollen wir die Dauer des Tages, den Auf= und Untergangspunkt und die Mittagshöhe der Sonne für einen bestimmten Tag und einen bestimmten Ort auf der Erde genauer finden, so können wir folgendermaßen verfahren. Ein Beispiel wird die Sache am besten klar machen.

Der Ort sei Christiania, der Tag der 21. April. Vorerst zeichnen wir uns von Fig. 76 den Kreis n. 60. 90. 42. 30. s. M. n. . . ., den Meridian, und den darauf senkrechten Kreis, naoswun, den Horizont. — Um die Lage des Aequators und der Parallelkreise gegen den Horizont von Christiania zu finden, müssen wir die Lage der Himmelsaxe gegen denselben, oder die Polhöhe in Christiania wissen; suchen wir deshalb Christiania auf der Landcharte auf, so finden wir seine geographische Breite oder die, dieser gleiche, dortige Polhöhe $= 60^{o}$. Wir machen nun den Winkel nc $60 = 60^{o}$, wodurch n 60 die Polhöhe wird, ziehen senkrecht auf c. 60 den in der Meridianebene liegenden Aequatordurchmesser c. 30, so daß die Aequatorhöhe s 30 (die mit den Graden der Polhöhe zusammen ja immer 90° ausmacht) 30° werde, und haben in dieser Linie c. 30 die Richtung aller in der Meridianebene liegenden Parallelkreisdurchmesser, indem diese alle dem Aequatordurchmesser parallel liegen. Wüßten wir nun, daß die Sonne den 21. April in einem Punkte der Ekliptik (Anfang des Zeichens des Stiers) steht, der 12° nördlich vom Aequator entfernt ist, so brauchten wir nur den Winkel scm $= 42^{o}$, d. h. 12° größer als die Aequatorhöhe, zu machen, um in m den Punkt zu haben, in welchem der Parallelkreis der Sonne am 21. April den Meridian durchschneidet.

Ziehen wir nun die mM parallel mit c. 30, so durchschneidet sich diese mit der Mittagslinie ns im Punkte x, und der um mM gezogene Parallelkreis der Sonne am 21. April mit dem Horizont in der Linie axu, die sowohl auf der Mittagslinie ns als dem Parallelkreisdurchmesser mM senkrecht steht und deren einer Endpunkt a der Aufgangspunkt, der andre u aber der Untergangspunkt der Sonne ist.

322.

Könnten wir jetzt nur das Verhältniß des Tagbogens amu zum Nachtbogen uMa, sowie die Anzahl Grade ermitteln, um welche a

von o, und u von w entfernt ist, so würde es uns nicht mehr schwer fallen die Länge des Tags und der Nacht, so wie die Himmelsgegend des Auf- und Untergangspunktes der Sonne zu finden. Da aber in der perspectivischen Zeichnung (Fig. 76) der Durchmesser mM des Parallelkreises, so wie ns die Mittagslinie beide unverkürzt und im Punkte x im richtigen Verhältniß getheilt liegen, so können wir den Parallelkreis (Fig. 77) und den Horizont (Fig. 78) leicht plan und einzeln vor uns hinzeichnen, indem wir die Länge mM, und ns, nebst Mx und nx genau aus Fig. 76 entlehnen, aus c′ mit c′ M, aus c mit cn die Kreise (Fig. 77 und 78) beschreiben, und die au in beiden Figuren durch x gehend und auf mM, bezüglich ns senkrecht, errichten.

Wir messen nun in Fig. 77 den Winkel ac′m oder den Bogen am. Dieser enthält 111° 14′, eben so viel der Bogen mu, die Sonne durchläuft also während ihres täglichen Umschwungs 222° 28′, von a durch m bis u über dem Horizont, und da sie zu 15° eine Stunde gebraucht, so hat man nur 222° 28′ durch 15 zu dividiren, wodurch man 14 Stunden 49 Minuten 52 Secunden erhält, um zu erfahren, daß die Dauer des Tages zu Christiania am 21. April volle $14^3/_4$ Stunden beträgt. Die Nacht dauert dann natürlich knappe $9^1/_4$ Stunden, was man auch unmittelbar finden konnte, wenn man den Nachtbogen uMa, der 137° 32′ enthält, durch Division mit 15 in Stunden verwandelt. Auch die Zeit des Sonnenaufgangs und Untergangs erfährt man sehr einfach, man braucht ja nur die Hälfte des Tages, d. h. 7 Stunden 25 Minuten vor und nach Mittag zu nehmen. Die Sonne geht also auf um 4 Uhr 35 Minuten, unter aber um 7 Uhr 25 Min. — Um aber die Himmelsgegend des Auf- und Untergangspunktes zu erhalten, messen wir blos in Fig. 78, dem Horizonte, den Winkel wcu oder Bogen wu; wir finden ihn, sowie den Bogen ao etwas mehr als $24^1/_2{}^0$, daher die Sonne beinahe in Ostnordost (das freilich nur $22^1/_2{}^0$ von o entfernt ist) auf-, in Westnordwest aber untergeht.

Declination der Sonne.

323.

Aber wie findet man denn für einen bestimmten Tag die Entfernung der Sonne vom Aequator, d. h. ihre nördliche oder südliche Declination (292), da man das bei der Auflösung dieser Aufgabe durchaus wissen muß, um den Punkt m zu bestimmen, durch den der Parallelkreisdurchmesser für den fraglichen Tag gezogen werden muß? — Das können wir ziemlich gut mit dem Himmelsglobus (Fig. 70) auffinden, denn da die Sonne am 21. März in F steht und alle Tage $^{360}/_{365}$stel Grad in der Ekliptik fortrückt, so braucht man nur die Anzahl der Tage, die vom 21. März bis zu dem fraglichen Tag vergehen, mit $^{360}/_{365}$ zu multipliciren, so erhält man die Anzahl Grade, um

die die Sonne dann von F entfernt ist, und kann so leicht den Punkt in der Ekliptik finden, wo sie sich dann befindet; dreht man dann die Kugel so weit, daß dieser Punkt unter dem Meridianring N P Z S P N steht, so kann man an diesem die Anzahl Grade ablesen, um die der fragliche Sonnenort nördlich oder südlich vom Aequator steht. Da indessen manchem meiner Leser vielleicht ein Globus nicht grade zu Gebot steht, so findet er die Declination der Sonne von beiläufig 5 zu 5 Tagen in beistehender Tabelle verzeichnet.

Tag.	Monat.	Declination. Nördlich.	Unterschied für 1 Tag.	Monat.	Declination. Nördlich.	Unterschied für 1 Tag.	Monat.	Declination. Südlich.	Unterschied für 1 Tag.	Monat.	Declination. Südlich.	Unterschied für 1 Tag
20	März.	0° 0′	23′	Juni.	23° 28′	1′	Sept.		23′	Dec.	23° 27′	1′
25	=	1° 57′	23′	=	23° 24′	3′	=	0° 58′	23′	=	23° 24′	3′
30	=	3° 54′	23′	=	23° 11′	5′	=	2° 55′	23′	=	23° 10′	5′
5	April.	6° 12′	22′	Juli.	22° 47′	7′	Octbr.	4° 51′	23′	Jan.	22° 42′	8′
10	=	8° 4′	22′	=	22° 14′	9′	=	6° 46′	22′	=	22° 4′	10′
15	=	9° 53′	21′	=	21° 30′	10′	=	8° 38′	22′	=	21° 15′	12′
20	=	11° 38′	20′	=	20° 38′	12′	=	10° 28′	21′	=	20° 16′	14′
25	=	13° 18′	19′	=	19° 37′	14′	=	12° 13′	20′	=	19° 7′	15′
30	=	14° 52′	18′	=	18° 28′	15′	=	13° 54′	19′	=	17° 50′	17′
5	Mai.	16° 21′	16′	Aug.	16° 55′	17′	Nov.	15° 48′	17′	Febr.	16° 7′	19′
10	=	17° 43′	15′	=	15° 30′	18′	=	17° 15′	16′	=	14° 33′	20′
15	=	18° 57′	13′	=	13° 59′	19′	=	18° 35′	14′	=	12° 53′	21′
20	=	20° 3′	12′	=	12° 23′	20′	=	19° 47′	13′	=	11° 9′	22′
25	=	21° 1′	10′	=	10° 41′	21′	=	20° 50′	1 ′	=	9° 19′	23′
30	=	21° 50′	7′	=	8° 55′	22′	=	21° 43′	9′	=		
5	Juni.	22° 36′	5′	Sept.	6° 43′	23′	Dec.	22° 26′	6′	März.	5° 55′	24′
10	=	23° 3′	3′	=	4° 50′	23′	=	22° 58′	4′	=	3° 58′	24′
15	=	23° 20′	1′	=	2° 55′	23′	=	23° 19′	2′	=	2° 0′	24′
20	=	23° 28′		=	0° 59′		=	23° 27′		=	0° 0′	

Die Angaben in dieser Tabelle sind zwar nicht haarscharf genau, weil sich ja selbst während eines Tages die Declination der Sonne verändert, und sie auch für dieselben Tage verschiedener Jahre, wie wir im Folgenden einsehen werden, um ein Paar Minuten verschieden sein kann, — indeß für unsern Zweck, besonders da wir mit dem Transporteur die Winkel ja doch nicht bis auf Minuten genau zeichnen können, mehr als hinreichend. Wollte man sie bis auf Secunden

genau haben, so müßte man ein bestimmtes Jahr, eine bestimmte Stunde eines bestimmten Tages, und den Ort auf der Erde, für den sie gelten sollen, genau angeben, weil Städte von verschiedener geographischer Länge in einem und demselben Augenblicke, wo freilich die Declination einen bis auf Secunden genauen Werth hat, nicht eine und dieselbe Tagesstunde haben. So genau findet man sie in den sogenannten astronomischen Ephemeriden, von denen das Berliner Jahrbuch von Encke das vollständigste ist, aufgezeichnet.

Will man nach unserer Tabelle die Declination der Sonne für einen Tag haben, der nicht unmittelbar angegeben ist, z. B. für den 17ten Mai, so finden wir sie für den nächsten noch angegebenen Tag, den 15ten Mai, $18^{\circ}\ 57'$. In der Columne: Unterschied für 1 Tag, daneben, aber $13'$; da nun der 17te Mai 2 Tage später als der 15te fällt, so muß man 2 mal $13'$ d. h. $26'$ noch zu $18^{\circ}\ 57'$ hinzufügen, wodurch man $19^{\circ}\ 23'$ erhält; und so für ähnliche Fälle, wobei nur zu beachten ist, ob dieser Unterschied für die Zwischentage hinzugefügt oder abgezogen werden muß.

Zusammenstellungen der Tagesdauer etc. für verschiedene Orte der Erde und verschiedene Tage des Jahres.

325.

Suchen wir auf die (321) erläuterte Weise für recht viele Orte an den verschiedensten Jahrestagen die Dauer des Tages, die Mittagshöhe der Sonne, und die Auf- und Untergangspunkte derselben, so werden wir manche interessante Bemerkung daraus ziehen können. Die wichtigsten Resultate will ich im Folgenden kurz hervorheben:

Für Orte der Erde, deren nördliche geographische Breite oder

Polhöhe	0°	10°	20°	$23\frac{1}{2}^{\circ}$	30°	40°	50°	60°	$66\frac{1}{2}^{\circ}$	70°	80°	90°
oder Aequatorhöhe	90	80	70	$66\frac{1}{2}$	60	50	40	30	$23\frac{1}{2}$	20	10	0

ist, beträgt:

1) die Mittagshöhe der Sonne

(ein angehängtes n bedeutet: über dem Nordpunkt.)

am 21. März.	90	80	70	$66\frac{1}{2}$	60	50	40	30	$23\frac{1}{2}$	20	10	0°
am 21. Juni.	$66\frac{1}{2}^{n}$	$76\frac{1}{2}^{n}$	$86\frac{1}{2}^{n}$	90°	$83\frac{1}{2}$	$73\frac{1}{2}$	$63\frac{1}{2}$	$53\frac{1}{2}$	47	$43\frac{1}{2}$	$33\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{2}$
am 23. Sept.	90	80	70	$66\frac{1}{2}$	60	50	40	30	$23\frac{1}{2}$	20	10	0
am 21. Dec.	$66\frac{1}{2}$	$56\frac{1}{2}$	$46\frac{1}{2}$	43	$36\frac{1}{2}$	$26\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$				

2) die Tagdauer

am 21. März.	12 st. 0m	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
am 21 Juni.	12.0	12.35	13.12	13.28	13.56	14.52	16.10	18.30	24.0	24.0	24.0	24.0
am 23. Sept.	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
am 21. Dec.	12.0	11.25	10.48	10.32	10.4	9.8	7.50	5.30	0.0	0.0	0.0	0.0

3) die Entfernung des Aufgangspunktes [nördlich (n) oder südlich (s)] vom Ostpunkte, oder des Untergangspunktes vom Westpunkte

am 21. März.	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′	0°0′
am 21. Jun. n	23.30	23.51	25.4	25.44	27.23	31.19	38.17	52.47	90.0			
am 23. Sept.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.
am 21. Dec. s	23.30	23.51	25.4	25.44	27.23	31.19	38.17	52.47	90.0			

Erdzonen.

326.

Betrachten wir diese Resultate genauer, — wobei ich natürlich darauf rechne, daß meine Leser sich die nöthigen Figuren dazu nach Anleitung der Figuren 76, 77, 78 (Fig. 72 entspricht der Fig. 76 für 50°, Fig. 73 für $66\frac{1}{2}$°, Fig. 74 für 0°, Fig. 75 für 90° geographische Breite) selbst entworfen haben und nie versäumen, sich die Lage des Aequators und Nordpols gegen den Horizont in der Wirklichkeit recht lebhaft zu denken — so finden wir, daß wir naturgemäß alle Orte der nördl. Halbkugel der Erde unter 3 Gruppen vertheilen können.

Heiße Zone.

327.

Zur ersten gehören alle Orte vom Aequator bis zu $23\frac{1}{2}$ nördl. Breite. Für diese Orte giebt es immer 2 Tage im Jahre, an welchen die Sonne eine Mittagshöhe von 90° erreicht, d. h. an denen sie den Bewohnern zu Mittag durch das Zenith geht. Um dies bestimmter zu untersuchen, zeichnen wir uns die Figuren für die Parallelkreise auf der Erde etwa von Grad zu Grad und finden:

Die Mittagshöhe der Sonne ist 90°

Für die Polhöhe oder Breite von	wenn die nördliche Declination ist:	d. h. etwa am	und	am	Der Mittagsschatten fällt also nach Süden
0°	0°	20. März.	In der Zwischenzeit steht die Sonne zu Mittag in einem Nordpunkt als dem Südpunkt gelegenen Punkte; daher der Schatten südlich.	22. Sept.	185 Tage.
1	1	23. =		20. =	180 =
2	2	25. =		17. =	175 =
3	3	28. =		15. =	170 =
4	4	30. =		12. =	165 =
5	5	2. April.		10. =	160 =
6	6	4. =		7. =	155 =
7	7	7. =		4. =	149 =
8	8	10. =		2. =	144 =
9	9	13. =		30. Aug.	138 =
10	10	15. =		27. =	133 =
11	11	18. =		24. =	127 =
12	12	21. =		21. =	121 =
13	13	24. =		18. =	115 =
14	14	27. =		15. =	109 =
15	15	30. =		12. =	103 =
16	16	4. Mai.		9. =	95 =
17	17	7. =		5. =	89 =
18	18	11. =		1. =	81 =
19	19	15. =		28. Juli.	73 =
20	20	20. =		23. =	63 =
21	21	25. =		18. =	53 =
22	22	31. =		12. =	41 =
23	23	10. Juni.		3. =	22 =
$23\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{2}$	21. =		21. Juni.	0 =

Wegen der Erscheinung, daß eine Zeitlang im Jahre an jedem bestimmten Ort, dessen geographische Breite kleiner als $23^1/_2{}^0$ ist, der Schatten eines aufrecht (vertical) stehenden Gegenstandes, z. B. eines Menschen, in der Mittagsstunde nach Süden zu gekehrt ist, während er den andern Theil des Jahres nach Norden zu fällt, heißen die Bewohner dieser Erdzone, die, wie meine Leser wissen, den nördlichen Theil der sogenannten heißen Zone ausmacht: Zweischattige; sie heißen auch Ohnschattige, weil es 2 Tage im Jahr giebt, an denen der Schatten zu Mittag grade unter sie fällt, also gleichsam nicht vorhanden ist.

Wendekreis des Krebses. Gemäßigte Zone.

328.

An der Grenze dieser Zone stehen alle Orte, die auf dem $23^1/_2$ Parallelkreis nördlicher Breite liegen. Ihnen kommt die Sonne nur einen Tag, den 21. Juni, in's Zenith, und weil die Sonne an diesem Tag den Wendekreis des Krebses durchläuft, so hat man den Namen dieses himmlischen Parallelkreises auf die Erde übertragen und nennt den Parallelkreis $23^1/_2{}^0$ nördl. Breite auf der Erde auch Wendekreis des Krebses. Er macht den Uebergang zur

zweiten Gruppe, zu welcher alle Orte gehören, deren geographische Breite größer als $23^1/_2{}^0$ und kleiner als $66^1/_2{}^0$ ist. In diesem Theile der Erdoberfläche finden wir die hier berührten Erscheinungen der Art nach ganz den, in unsern Gegenden gewöhnlichen, ähnlich, nur dem Grade nach verschieden. Die Sonne kommt keinem Orte mehr in's Zenith, ihr Mittagsstand über dem Südpunkt ist kleiner als 90^0, daher der Schatten zu Mittag stets nach Norden gekehrt, weßhalb die Bewohner dieser sogenannten gemäßigten Zone auch Einschattige heißen. Die größte Mittagshöhe der Sonne am 21. Juni beträgt auf der Grenze, dem Wendekreis des Krebses, 90^0, nimmt für jeden um 1^0 nördlicher gelegenen Ort um 1^0 ab, bis sie unter $66^1/_2$ Breite nur noch 47^0 beträgt. Der niedrigste Mittagssonnenstand, der am 21. Decbr. eintritt, nimmt ebenso für die wachsenden Breiten von 43^0 bis zu 0^0 ab.

Dagegen wächst der Unterschied zwischen der Dauer des längsten Tages am 21. Juni und der des kürzesten am 21. December immer stärker, je weiter man sich nach Norden zu begiebt, wie folgende Uebersicht zeigt.

Breite.	Längster Tag.	Kürzester Tag.	Unterschied.	Wachsthum dieses Unterschieds für 1^0 im Durchschnitt.
$23^1/_2$	13 St. 28 M.	10 St. 32 M.	2 St. 56 M.	0 Stunden 9 Minut.
30	13 56	10 4	3 52	0 11
40	14 52	9 8	5 44	0 16
50	16 10	7 50	8 20	0 28

Breite.	Längster Tag.	Kürzester Tag.	Unterschied.	Wachsthum dieses Unterschieds für 1° im Durchschnitt.
60	18 St. 30 M.	5 St. 30 M.	13 St. 0 M.	0 Stunden 44 Min.
61	18 52	5 8	13 44	0 52
62	19 18	4 42	14 36	0 58
63	19 47	4 13	15 34	1 12
64	20 23	3 37	16 46	1 32
65	21 9	2 51	18 18	2 16
66	22 17	1 43	20 34	
66½	24 0	0 0	24 0	

oder:

man muß gehen von Breite bis		man muß gehen also nach Norden um		damit der längste Tag von		damit der längste Tag auf		damit der kürzeste Tag von		damit der kürzeste Tag auf	
30°	48′	41°	24′	10°	36′	14 St.		15 St.		10 St.		9 St.	
41	24	49	2	7	38	15		16		9		8	
49	2	54	31	5	29	16		17		8		7	
54	31	58	27	3	56	17		18		7		6	
58	27	61	19	2	52	18		19		6		5	
61	19	63	23	2	4	19		20		5		4	
63	23	64	50	1	27	20		21		4		3	
64	50	65	48		58	21		22		3		2	
65	48	66	21		33	22		23		2		1	
66	21	66	32		11	23		24		1		0	

Ebenso wächst auch die Entfernung des Aufgangspunktes vom Ostpunkte oder Untergangspunktes vom Westpunkte, je weiter man sich in der gemäßigten Zone nach Norden zu begiebt, denn man findet:

1) Breite.	Entfernung des Aufgangspunktes vom Ostpunkt, 21. Juni.	Wachsthum der Entfernung für 1° Breite.	Länge des Auf- und Untergangsbogens des Horizonts durch das Jahr.
23½°	25° 44′		51° 28′
30	27 23		54 46
40	31 19		62 38
50	38 17		76 34
60	52 47		105 34
61	55 13	2° 26′	110 26
62	58 1	2 48	116 2
63	61 18	3 17	122 36
64	65 17	3 59	130 34
65	70 26	5 9	140 52
66	78 15	7 49	156 30
66½°	90 0	11 45	180 0

2) oder: am 21. Juni ist der

Aufgangspunkt.	Entfernung vom Ostpunkt.	Für geographische Breite.
O.	0°	
O.g.N.	11¼	
O.NO.	22½	
NO.g.O.	33¾	44° 13′
NO.	45	55 43
NO.g.N.	56¼	61 23
N.NO.	67½	64 28
N.g.O.	78¾	66 3
N.	90	66 32

Polarkreis.

329.

Den Uebergang dieser Zone zur nächstfolgenden macht der Parallelkreis, der $66\frac{1}{2}^0$ vom Aequator oder $23\frac{1}{2}^0$ vom Nordpol der Erde entfernt ist. Er heißt bekanntlich der nördliche Polarkreis. In ihm erreicht die Mittagshöhe der Sonne am 21. December nur eine Höhe von 0° oder Aufgangspunkt und Untergangspunkt fallen am 21. December in einen zusammen, daher an diesem Tage die Sonne gar nicht über den Horizont kommt, oder, wenn man will, erst um 12 Uhr Mittags aufgeht, in dem nämlichen Augenblick aber auch wieder versinkt. Ebenso geht sie am 21. Juni schon Morgens um 12 Uhr (d. h. Mitternacht zwischen dem 20sten und 21sten Juni) auf, um erst Abends 12 Uhr (d. h. Mitternacht zwischen dem 21sten und 22sten Juni) unterzugehen, daher an diesem Tage 24 Stunden lang Tag ist.

Während eines Jahres giebt es keinen Punkt in dem Bogen des Horizonts von Norden über Osten nach Süden, an welchem nicht an einem gewissen Tag die Sonne aufginge, und keinen zwischen Nord (über West) und Süd, an dem sie nicht untergehen könnte, während für alle Orte der Erde, deren geographische Breite kleiner als $66\frac{1}{2}^0$ ist, dieser Spielraum bei weitem so groß nicht ist. Er wird aber immer größer, je weiter man sich vom Aequator entfernt; denn während hier nur derjenige Theil des östlichen Horizonts Aufgangspunkte enthält, der zwischen $23\frac{1}{2}$ nördlich und $23\frac{1}{2}$ südlich liegt, also einen Bogen von 47° umfaßt, ist z. B. unter 50° Breite dieser Bogen schon 2 mal 38° 17′ oder 76° 34′ lang, bis er endlich im nördlichen Polarkreis eine Ausdehnung von 180° erhält. S. 328 dritte Tabelle.

Kalte Zone.

330.

Zur dritten Gruppe rechnen wir endlich den Theil der Erdoberfläche, der alle die Orte enthält, deren Breite größer als $66\frac{1}{2}^0$ ist, und der bekanntlich den Namen der nördlichen kalten Zone führt. In ihr kommen Erscheinungen vor, die wir in unsern Gegenden durchaus nicht kennen. Denn zeichnen wir uns nach Fig. 76 nur eine ein-

zige Figur (Fig. 79) für einen Ort dieser Zone, z. B. einen solchen, dessen geograph. Breite 80° beträgt, so ist die Aequatorhöhe oder Mittagshöhe der Sonne am 21sten März und 23sten September 10°, am 21sten Juni also 33½, am 21sten December aber 23½° weniger als 10°; d. h. an diesem und noch manchem vorhergehenden Tage steht die Sonne selbst bei ihrem höchsten Stand noch unter dem Horizont und namentlich am 21sten December in t noch 13½° unter demselben. Es muß also hier Tage im Jahr geben, an welchen die Sonne gar nicht gesehen wird, die Nacht also 24 Stunden währt, und wenn dergleichen 24stündige Nächte mehre aufeinanderfolgen, so ist es dort oft Wochen, ja vielleicht Monate lang Nacht. Um dies genauer zu untersuchen, finden wir aus Fig. 79, daß, wenn die Sonne eine Declination von 10° südlich hat (was nach 323 etwa den 19ten October eintritt), sie zu Mittag blos eben den Südpunkt s erreicht, wird aber ihre Declination noch mehr südlich, so zeigt sie sich zu Mittagszeit nur zwischen s und t, kommt also gar nicht mehr über den Horizont, und erst wenn sie, bei ihrem Rückgang vom Wendekreis des Steinbocks, dem Aequator wieder bis zu 10° sich genähert hat (23sten Februar), erscheint sie zu Mittag wieder eben in s, um nun wieder von Tag zu Tag ein größeres Stück ihres täglichen Laufs über dem Horizont zu vollenden. Es ist also hier Nacht vom 19ten October bis zum 23sten Februar des folgenden Jahres.

331.

Ebenso sehen wir aber, daß, wenn sie eine nördliche Declination von 10° hat, sie in dem täglichen Umlauf (dessen Durchmesser n p gezeichnet ist) nur eben den Nordpunkt zu Mitternacht berühren wird (weil der Bogen a n gleich dem Bogen q s als Scheitelwinkel, s. 34), sonst aber ganz über den Horizont laufen wird.*) Es ist also dann (etwa am 15. April, s. 323) 24 Stunden Tag; die folgenden Tage wird aber selbst beim tiefsten Stand, um Mitternacht, die Sonne sich noch über dem Horizont befinden, also fortwährend über dem Horizont erscheinen, bis sie bei ihrem Rückgang vom Wendekreis des Krebses (etwa am 27sten August) wieder 10° nördliche Declination hat, um nun, wenn die Declination noch geringer wird, wieder regelmäßig innerhalb 24 Stunden auf- und unterzugehen. Die Abwechselung zwischen Nacht und Tag wird sich also unter 80° Breite so darstellen.

Am 21. März Tag und Nacht gleich. Von da an regelmäßige Abwechselung innerhalb 24 Stunden, wobei indeß die Tage immer länger werden, die Auf- und Untergangspunkte (vom Ostpunkt und Westpunkt) immer weiter nach Norden rücken, bis sie sich am 15ten April im Nordpunkt vereinigen und es von da bis zum 27sten Au-

*) Weil dann also während eines Tages der Schatten eines Menschen nach und nach allen Himmelsgegenden zugewandt sein wird, heißen die Bewohner der kalten Zone auch Umschattige.

gust beständig Tag ist. Nun fängt wieder Tag und Nacht während 24 Stunden an abzuwechseln, der Tag nimmt von 24 Stunden an, über den 23sten September, wo er 12 Stunden beträgt, bis zu 0 ab (am 19. October); jetzt tritt die lange Nacht ein bis zum 23sten Februar, an welchem der Tag von 0 anfangend wieder mit Nacht abwechselt, bis er am 21sten März wieder 12 Stunden erreicht hat.

332.

Die Erscheinungen des Wachsthums der abwechselnden Tage und Nächte von 0^0 bis zu 24 Stunden, die unter $66^1/_2{}^0$ Breite noch das ganze Jahr erfüllten, gehen also hier innerhalb eines Jahres zweimal vor sich und zwar während des kurzen Zeitraums von 52 Tagen (vom 23sten Februar bis 25sten April, und vom 27sten August bis 19ten October).

Dieses Zusammendrängen des Zeitraums des Wachsthums der Tage und Nächte von 0 Stunde bis zu 24 Stunden und das Hervortreten des langen Tags und der langen Nacht wird immer auffallender, je mehr wir uns dem Nordpol nähern, wie folgende Uebersicht darthut:

Breite.	Langer Tag.			Abwechselung von Nacht und Tag um d. 23. Septbr.			Lange Nacht.			Abwechselung von Nacht und Tag um d. 21. März.		
	von	bis	Tage	von	bis	Tage	von	bis	Tage	von	bis	Tage
$66^1/_2$	20. Juni	22. Juni	2	22. Juni	21. Dec.	180	21. Dec.	22. Dec.	2	22. Dec.	20. Juni	181
67	10. „	3. Juli	23	3. Juli	10. „	160	10. „	2. Jan.	23	2. Jan.	10. „	160
68	31. Mai	12. „	42	12. „	2. „	143	2. „	10. „	39	10. „	31. Mai	142
69	25. „	18. „	54	18. „	26. Nov.	131	26. Nov.	16. „	51	16. „	25. „	130
70	20. „	23. „	64	23. „	21. „	121	21. „	21. „	61	21. „	20. „	120
71	15. „	28. „	74	28. „	17. „	112	17. „	25. „	69	25. „	15. „	111
72	11. „	1. Aug.	82	1. Aug.	13. „	104	13. „	29. „	77	29. „	11. „	103
73	7. „	5. „	90	5. „	9. „	96	9. „	2. Fbr.	85	2. Febr.	7. „	95
74	4. „	8. „	96	8. „	6. „	90	6. „	5. „	91	5. „	4. „	89
75	30. Apr.	12. „	104	12. „	2. „	82	2. „	9. „	99	9. „	30. Apr.	81
76	27. „	15. „	110	15. „	30. Oct.	76	30. Oct.	12. „	105	12. „	27. „	75
77	24. „	18. „	116	18. „	27. „	70	27. „	15. „	111	15. „	24. „	69
78	21. „	21. „	122	21. „	24. „	64	24. „	18. „	117	18. „	21. „	63
79	18. „	24. „	128	24. „	21. „	58	21. „	20. „	122	20. „	18. „	58
80	15. „	27. „	134	27. „	19. „	53	19. „	23. „	127	23. „	15. „	52
81	13. „	30. „	139	30. „	16. „	47	16. „	26. „	133	26. „	13. „	46
82	10. „	2. Spt.	145	2. Sept.	13. „	41	13. „	28. „	138	28. „	10. „	41
83	7. „	4. „	150	4. „	11. „	37	11. „	2. Mrz.	142	2. März	7. „	36
84	4. „	7. „	156	7. „	8. „	31	8. „	5. „	148	5. „	4. „	30
85	2. „	10. „	161	10. „	5. „	25	5. „	7. „	153	7. „	2. „	26
86	30. März	12. „	166	12. „	3. „	21	3. „	10. „	158	10. „	30. Mrz.	20
87	28. „	15. „	171	15. „	30. Spt.	15	30. Sept.	13. „	164	13. „	28. „	15
88	25. „	17. „	176	17. „	28. „	11	28. „	15. „	169	15. „	25. „	10
89	23. „	20. „	181	20. „	25. „	5	25. „	18. „	175	18. „	23. „	5
90	20. „	23. „	187	23. „	23. „	0	23. „	20. „	179	20. „	20. „	0

Am Nordpol ist also das ganze Jahr nur 1 Wechsel von Tag und Nacht, während es unter $66^1/_2$ Breite noch 365 sind, die aber unter 80^0 schon zu (52 + 53 + 1) d. h. zu 106 zusammenschmelzen.

Südliche Halbkugel.

333.

Grade so wie wir die Erscheinungen der Mittagshöhe, des Auf- und Untergangspunktes der Sonne und der verschiedenen Tageslängen an den verschiedenen Tagen des Jahres für die verschiedenen geographischen Breiten auf der nördlichen Halbkugel gefunden haben, entwickeln sie sich nun auch für die südliche Erdhälfte mit wenigen aber ganz bestimmten Abänderungen. — Die Rolle, die auf der Nordhälfte der Nordpol des Himmels spielt, wird auf der südlichen Halbkugel vom Südpol vertreten. Betrachten wir nur unsere Figuren 72 bis 79 verkehrt, namentlich zunächst Fig. 72*); die Polhöhe ist der Bogen vom Südpunkt des Horizonts zum Südpol, die Aequatorhöhe der Bogen nä vom Nordpunkt bis zum Durchschnitt des Aequators mit dem Meridian; die Sonne geht also den Bewohnern eines Orts auf der Südhälfte der Erde, wenn er sich mit dem Rücken nach Süden stellt, rechter Hand in Osten auf, um linker Hand in Westen unterzugehen. — Der Wendekreis des Steinbocks liegt hier zum größern Theil über, zum kleinern Theil unter dem Horizont, daher, wenn die Sonne diesen durchläuft, am 21. December, der Tag länger als die Nacht, und zwar der längste Tag ist. Von da bis zum 21. März nimmt die Erhebung der Sonne über den Horizont mit der Entfernung vom Aequator ab. Den 21. März ist Herbstnachtgleiche. — Von da bis zum 21. Juni wird die Mittagshöhe immer geringer, bis am 21. Juni, zu Winters Anfang, die Sonne den Wendekreis des Krebses durchläuft und der kürzeste Tag erschienen ist. Jetzt fangen die Tage wieder an zuzunehmen bis wieder zum 21. December. Am 23. September ist Frühlingsnachtgleiche.

Betrachten wir uns mit ruhiger Ueberlegung auch noch die übrigen Figuren, die wir bei Gelegenheit des Vorhergehenden entworfen haben, so werden wir es natürlich finden, auch die südliche Hälfte der Erde in 3 Zonen abzutheilen: 1) die südliche Hälfte der heißen vom Aequator bis zu $23^1/_2{}^0$ südlicher Breite, wo sie vom Wendekreis des Steinbocks (dem irdischen) begrenzt wird; 2) die südliche gemäßigte zwischen dem Wendekreis des Steinbocks und dem südlichen Polarkreis (der $66^1/_2{}^0$ vom Aequator oder $23^1/_2{}^0$ vom Südpol

*) Meine Leser werden wohl thun, sich in Gedanken an einen Ort von bestimmter südlicher Breite zu versetzen, die Lage des Südpols, des Aequators, der Wendekreise, Himmelsgegenden u. s. w. durch Punkte und Linien an den Wänden des Zimmers (oder besser im Freien am Himmel) zu repräsentiren, und endlich neue Figuren dafür selbst zu entwerfen.

entfernt ist) und 3) die südliche kalte. — Alles werden wir analog dem auf der Nordhälfte der Erde Gefundenen finden, so daß wir alles dafür Gesagte fast abschreiben könnten, wenn wir mit gehöriger Behutsamkeit „Nord“ in „Süd“ und umgekehrt verändern, statt

21. März	schreiben	23.	September
21. Juni	„	21.	December
23. Septbr.	„	21.	März
21. Decbr.	„	21.	Juni

und „Wendekreis des Krebses“ mit „Wendekreis des Steinbocks“ vertauschen.

Vertheilung der Tageshelle über die Erde.

334.

Eine Frage unter vielen wird vielleicht manchem meiner Leser aufgestiegen sein: Welchem Orte der Erde zeigt wohl im Durchschnitt während eines ganzen Jahres die Sonne am längsten ihr freundliches Antlitz? Leicht werden wir finden, sie begünstigt alle Zonen des Erdballs auf gleiche Weise. Rechnen wir alle Stunden des Tages und alle Stunden der Nacht im Jahre zusammen, so sind für einen Ort wie für den andern beide Summen gleich; nur auf die wunderlichste Weise vertheilt. Aber was die Königin des Tags dem einen heute versagt, das ersetzt sie ihm zu andern Zeiten wieder in reichlichem Maße. Wenn am Aequator ein fast regelmäßiger Wechsel von 12 zu 12 Stunden herrscht, drängt sich am Pol das Tageslicht in einen einzigen halbjährigen Tag, und alle Nacht in eine, zusammenhängende, lange Nacht zusammen. — Meine Leser mögen aber selbst entscheiden, ob sie am Pole wohnen möchten, auch abgesehen von der alles erstarrenden Kälte, die dort herrschen soll.

Dämmerung.

(335.)

Alles, was wir im Vorhergehenden über die Tageslänge gefunden haben, erleidet durch mancherlei Umstände, die wir aber unmöglich hier alle berücksichtigen können, noch kleine Modificationen. Die wichtigste von diesen können wir aber nicht umhin hier noch kurz in Erwägung zu ziehen. Ich meine die Dämmerung.

Wir haben gewiß Alle schon oft diese wohlthätige Einrichtung der Natur dankbar anerkannt, durch welche der Uebergang von der blendenden Tageshelle zur finstern Nacht so unmerklich und sanft vermittelt wird. Aber auch die Länge des Tages wird durch die Dämmerung, die dem Aufgang der Sonne vorangeht und dem Untergang derselben nachfolgt, um ein Bedeutendes vergrößert.

Fragen wir nach der Ursache derselben, so finden wir sie in der Eigenschaft der atmosphärischen Luft, einen Theil des Lichts, das sie

von der Sonne empfängt, wieder auszustrahlen, wenn auch nicht mit eignem, doch mit erborgtem Licht uns zu leuchten, eine Eigenschaft, die sie fast mit allen Gegenständen, besonders hellfarbigen, theilt, und welche die Spiegel in hohem Grade besitzen. — Daß die Luft diese Eigenschaft habe, erkennen wir sehr deutlich, wenn wir uns in einem Raume befinden, der blos nach oben offen ist, und durch diese Oeffnung weder directes Sonnenlicht noch von andern Gegenständen erborgtes Licht empfängt, sondern blos durch die Helle des blauen reinen Himmels erleuchtet wird.

(336.)

Wie uns nun diese Erleuchtungskraft der Atmosphäre die Dämmerung verschafft, wird uns so leicht klar werden. Sei Fig. 80 der Kreisbogen eBdof ein Durchschnitt der Erdoberfläche, der Bogen hxr aber ein Durchschnitt der oberen Grenze der Atmosphäre, die unsern Erdball wie eine Kugelschale umgiebt; B ein Beobachter, und stelle also hBr den Durchschnitt der Horizontsebene mit der Ebene des Papiers vor; so wird, wenn die Sonne eben untergeht, oder in der Verlängerung von hBr steht, der ganze oberhalb der Horizontalebene liegende Theil der Luft erleuchtet sein. Ist aber die Sonne um den Winkel s'ds unter den Horizont gesunken, so wird nur der Theil xdrx der Atmosphäre noch erleuchtet sein, während der übrige über dem Horizont liegende Theil hdxh keine Sonnenstrahlen mehr erhält; der Punkt B wird also noch so viel Licht erhalten, als die Luft in xdrx auszustrahlen vermag. Sinkt die Sonne tiefer, so wird der beleuchtete Theil der Luft über dem Horizont immer kleiner, der unerleuchtete immer größer, daher wird die Helligkeit für B immer mehr abnehmen, bis endlich, wenn die Sonne in s'' so tief steht, daß eben blos noch der äußerste Punkt r der über dem Horizont von B befindlichen Luft erleuchtet wird, B gar keine Beleuchtung mehr erhält und die Dämmerung in völlige Finsterniß übergeht und es nun nicht mehr dunkler wird.

Der Winkel s''rs oder der Bogen, um den dann die Sonne unter dem Horizont steht, beträgt nach vielfachen Beobachtungen etwa 18°.*) Man nennt die Zeit, welche die Sonne braucht, um des Abends von 0° bis zu 18° unter dem Horizont, oder des Morgens von 18° unter dem Horizont bis zum Aufgang zu gelangen, die astronomische Dämmerung, weil man während ihrer Dauer des Abends z. B. die kleinsten Sternchen noch nicht erkennen kann, — und unterscheidet sie von der bürgerlichen, die viel kürzer und nur so lange

*) In der Fig. 80 beträgt er etwas mehr, weil das Verhältniß des Erdhalbmessers zu der Dicke der Atmosphäre nicht genau richtig ist. — Legt man den Kreis hxr dichter an eBf, so wird der Winkel s''rs kleiner und erst wenn das Verhältniß des Halbmessers von eBf zu dem von hxr wie 86 zu 87 wird, gleich 18°.

währt, als man im Freien noch, wenn auch mit Anstrengung, gewöhnliche Schrift lesen kann; dies hört auf, wenn die Sonne etwa 6^0 unter dem Horizont steht.

Dauer der Dämmerung.

(337.)

Um die Zeit zu finden, welche die Sonne braucht, um 18^0 unter den Horizont zu versinken, entwerfen wir uns die Fig. 81, in welcher n w s o den Horizont, dfd aber den sogenannten Dämmerungskreis, einen dem Horizont parallelen, 18^0 von ihm entfernten, Kreis (Bogen s d 18^0), c w f t endlich ein Stück eines Parallelkreises, den die Sonne durchläuft, vorstellt. Ist w der Untergangspunkt, so wird Dämmerung herrschen, so lange die Sonne von w bis f sinkt, wo sie eben 18^0 unter dem Horizonte steht. — Es kommt jetzt nur darauf an, die Länge des Bogens w f in Graden zu messen, und diese Anzahl von Graden dann durch Division mit 15 in Zeit zu verwandeln.

Wir zeichnen uns also Fig. 82, indem wir die Linie c B x t mit ihrer Eintheilung genau aus Fig. 81 entlehnen, dann um c t als Durchmesser den Parallelkreis der Sonne c w f t o c beschreiben, in B und in x Perpendikel auf ct errichten, die die Kreislinie in w und f durchschneiden. Dann können wir den Bogen wf oder den Winkel wBf mit dem Transporteur messen und die Anzahl von Graden u. s. w. durch 15 dividiren.

(338.)

Zeichnen wir uns auf diese Weise viele Figuren in hinreichend großem Maßstabe und mit der nöthigen Sorgfalt, so werden wir bald finden:

1) Daß für einen bestimmten Ort, wobei also die Aequatorhöhe immer dieselbe bleibt, die Dauer der Dämmerung an den verschiedenen Tagen des Jahres sich verändert. Es giebt aber (meist zwei) Tage (an denen die Declination der Sonne gleich ist und eine gewisse Größe hat), für welche die Dämmerung am kürzesten dauert, an welchen nämlich die Sonne am schnellsten eine Tiefe von 18^0 erreicht, — und ebenso (meist zwei) Tage, wo sie am größten ist. Wie diese aber gefunden werden, kann ich meinen Lesern nicht auseinandersetzen, sie müßten sich denn die Mühe nehmen wollen, für alle Tage, an denen die Declination verschieden ist — und es sind deren 183 — die Zeit der Dämmerung zu ermitteln und sich die kürzeste oder längste herauszusuchen.

Als Beispiel, das sie nachmessen mögen:

Breite.	Tage.	Declination.	Dämmerung.
50°	21. März	0°	1 Stunde 55 Minuten
	21. Juni	23½ nördl.	?
	23. Septbr.	0	1 Stunde 55 Minuten
	11. October	7° südlich	die kürzeste 1 St. 53 M.
	21. Decbr.	23½ südlich	2 Stunden 6 Minuten
	3. März	7° südlich	die kürzeste 1 St. 53 M.
48°	21. Juni	23½ nördlich	3 Stunden 26 Minuten.

2) daß im Ganzen die Dämmerung um so länger ausfällt, je weiter man sich vom Aequator nach den Polen zu entfernt. — Betrachtet man für die verschiedenen geographischen Breiten die Dämmerung immer am 21. März oder 23. September, wo die Sonne den Himmelsäquator durchläuft, der Punkt B in Fig. 81 also immer in der Mitte zwischen c und t liegt, so wird man das sehr natürlich finden, denn nimmt (Fig. 81) die geographische Breite zu, die Aequatorhöhe also ab, so erhält man z. B. statt c B x t jetzt c′ B x′ t′, wo x′B länger ist als xB. Liegt aber (Fig. 82) x weiter vom (Mittelpunkt) B, so rückt auch f weiter von w, wf wird also größer, enthält also mehr Grade, also auch mehr Stunden.

So dauert am 21. März oder 23. Septbr., wo die Declination 0 ist, für

0°	Breite	die	Dämmerung	1	Stunde	12 Min.
10	"	"	"	1	"	13 "
20	"	"	"	1	"	17 "
30	"	"	"	1	"	24 "
40	"	"	"	1	"	35 "
50	"	"	"	1	"	55 "
60	"	"	"	2	"	33 "
70	"	"	"	4	"	18 "
80	"	"	"	—	"	— "
90	"	"	"	—	"	— "

Haben meine Leser versucht, die Dämmerung für 50° Breite am 21. Juni zu finden? Dabei werden sie eine interessante Bemerkung gemacht haben. Die Sonne kommt nämlich gar nicht bis zu einer Tiefe von 18° unter den Horizont; es reichen sich also zu der Zeit Abend- und Morgendämmerung einander die Hand, ohne durch wirkliche Nacht unterbrochen zu sein. — Untersuchen wir, ob es nicht noch mehr Orte von anderer geographischer Breite und andere Tage im Jahre giebt, an denen auch Abend- und Morgendämmerung in einander über-

gehen! Betrachten wir Fig. 72, so ist Bogen ä n, den wir gleichsam die Aequatortiefe nennen können, so groß als die Aequatorhöhe q s, Bogen ä k aber ist so groß als r q, als die Declination der Sonne. Nimmt man den Bogen ä k vom Bogen ä n weg, so bleibt k n, der den tiefsten Stand der Sonne unter dem Horizont angiebt; ist aber selbst dieser tiefste Stand der Sonne — die Mitternachtstiefe wollen wir ihn nennen — kleiner als 18^0, so kann es nicht völlig Nacht werden. Ziehen wir also für einen bestimmten Tag und eine bestimmte Aequatortiefe nur die Grade der Declination von denen der Aequatortiefe ab, so zeigt uns die übrigbleibende Mitternachtstiefe, je nachdem sie größer oder kleiner ist als 18^0, augenblicklich an, ob es an dem fraglichen Tage und Orte wirklich Nacht wird oder nicht. Z. B. für den 21. Juni ergiebt sich:

Breite.	Aequatortiefe.	Declination.	Mitternachtstiefe.	
0	90	$23\frac{1}{2}^0$	$66\frac{1}{2}^0$	Also vollkommene Nacht.
10	80	$23\frac{1}{2}$	$56\frac{1}{2}$	
20	70	$23\frac{1}{2}$	$46\frac{1}{2}$	
30	60	$23\frac{1}{2}$	$36\frac{1}{2}$	
40	50	$23\frac{1}{2}$	$26\frac{1}{2}$	
$48\frac{1}{2}$	$41\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{2}$	18	Nur Dämmerung.
50	40	$23\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	
60	30	$23\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	
$66\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{2}$	0	
70	20	$23\frac{1}{2}$		Tag.
80	10	$23\frac{1}{2}$		
90	0	$23\frac{1}{2}$		

Wir sehen also, daß schon von $48\frac{1}{2}$ nördlicher Breite bis zum nördlichen Polarkreis am 21. Juni die Nacht nicht ganz finster wird. Da aber die Mitternachtstiefe von $48\frac{1}{2}$ bis zu $66\frac{1}{2}^0$ Breite immer abnimmt von 18^0 bis zu 0^0, so wird die Dämmerung selbst in der Mitternacht vom 21. auf 22. Juni immer mehr und mehr sich der Tageshelle nähern, je weiter man von $48\frac{1}{2}$ Breite bis zum Polarkreise geht.

(340.)

Zugleich sehen wir auch, daß z. B. für uns unter 50^0 Breite die Declination noch kleiner sein kann als $23\frac{1}{2}$, ohne daß die Mitternachtstiefe größer wird als 18^0, sie braucht blos 22^0 zu betragen, so giebt dies von der Aequatortiefe abgezogen doch nur 18^0; wäre sie freilich kleiner als 22^0, so würde die Mitternachtstiefe größer als 18^0. — An allen Tagen also, an welchen die Declination größer als 22^0 ist, haben wir unter 50^0 Breite keine vollkommene Nacht. Das

dauert vom 1. Juni bis 11. Juli. Für die übrigen Breiten von $48^1/_2$ bis $66^1/_2$ und weiter finden wir auf diese Weise:

Breite. (nördl.)	Aequatortiefe.	wenn die Declination nicht südlicher, als	Nur Dämmerung: vom	bis
$48^1/_2$	$41^1/_2$	$23^1/_2$ nördl.	20. Juni	21. Juni
49	41	23 „	10. „	2. Juli
50	40	22 „	1. „	11. „
51	39	21 „	25. Mai	18. „
52	38	20 „	20. „	23. „
55	35	17 „	8. „	4. Aug.
60	30	12 „	21. Apr.	21. „
$66^1/_2$	$23^1/_2$	$5^1/_2$ „	3. „	8. Sept.
70	20	2 „	25. März b. 20. Mai u. v.	23. Jul. b. 17. Spt.
72	18	0 „	20. „ 11. „	1. Aug. 23. „
73	17	1 südl.	17. „ 7. „	5. „ 25. „
75	15	3 „	12. „ 30. Apr.	12. „ 30. „
80	10	8 „	28. Febr. 15. „	27. „ 13. Oct.
85	5	13 „	15. „ 2. „	10. Sept. 27. „
90	0	18 „	29. Jan. 20. März	23. „ 12. Nov.

Langer Tag.

(341.)

Heben wir noch als Beispiel die Helligkeitsverhältnisse durch das ganze Jahr für 85° Breite hervor, so haben wir mit Zuratheziehung von (332)

vom 2. April bis	10. Sept.	also 161	Tage	beständig Tag,
10. Sept. „	5. Oct. „	25	„	Abwechselung zwischen Tag u. Dämmerung,
5. Oct. „	27. „ „	22	„	lange Dämmerung,
27. „ „	15. Febr. „	111	„	vollkommene Nacht,
15. Febr. „	7. März „	20	„	lange Dämmerung,
7. März „	2. April „	26	„	Abwechselung zwischen Tag u. Dämmerung.

Dies möge genügen, um uns ein oberflächliches Bild von der Vertheilung von Licht und Finsterniß auf der Erde zu geben. Dem sinnigen Leser wird es nicht an Gelegenheit und Eifer fehlen, sich auf eigne Hand noch manche interessante Zusammenstellungen zu machen.

Wechsel der Jahreszeiten, Klima.

342.

Der verschiedene Stand der Sonne über dem Horizont zu den verschiedenen Tagen des Jahres und an Orten von verschiedener geo=

graphischer Breite bedingt mittelbar auch den Wechsel der Jahreszeiten, und ist die hauptsächlichste Ursache der Verschiedenheit des Klima's auf der Erde. Um das einzusehen, bemerken wir Folgendes:

Jeder leuchtende und wärmende Punkt sendet rings herum nach allen möglichen Richtungen Licht- und Wärmestrahlen aus. Ist nun z. B. (Fig. 83) S ein solch leuchtender und erwärmender Punkt, und A B eine Linie, die senkrecht steht zu dem Strahl S M auf ihre Mitte, so empfängt A B alle Strahlen, die von S ausgehend innerhalb des Winkels A S B liegen, und wird in Folge dessen bis zu einem gewissen Grad erleuchtet und erwärmt. Steht aber der Strahl S M, bei derselben Entfernung des Punktes S von M, schief auf A B, so empfängt diese nur die Licht- und Wärmestrahlen, die innerhalb des Winkels A S' B liegen, und da dieser kleiner als A S B*), so wird sie auch von S, wenn dies in die Lage S' käme, weniger erleuchtet und erwärmt werden; noch kleiner als A S'B ist endlich A S''B, daher S'' noch weniger erwärmende Wirkung auf A B ausüben wird. So sehen wir also leicht, daß der vortheilhafteste Stand eines Licht- oder Wärmepunktes für eine Linie oder Fläche von bestimmter Ausdehnung der ist, wo der Strahl nach der Mitte dieser Linie oder Fläche senkrecht zu dieser steht, je kleiner aber sein Neigungswinkel gegen diese ist, desto schwächer wird auch die erwärmende Wirkung sein. Noch deutlicher tritt dies hervor, wenn der leuchtende oder erwärmende Punkt so weit entfernt ist, daß seine Strahlen fast als unter sich parallel angesehen werden können, wie (Fig. 84) die Strahlenbüschel s A B s', t A B t', u A B u' von immer abnehmender Dicke zeigen.

Die Erwärmung bedingende Umstände.

343.

Da nun die Sonne wirklich so weit entfernt ist, daß die Strahlen von jedem Punkt derselben beinahe für parallel anzunehmen sind, so werden wir es sehr natürlich finden, daß die erwärmende Wirkung derselben auf eine Strecke Landes unter übrigens gleichen Umständen mit ihrer Erhebung über den Horizont zunimmt, daß also unter allen die Gegenden am stärksten erwärmt werden müssen, denen sie im Zenith steht.

Dabei kommt es freilich auch ganz besonders auf die längere oder kürzere Zeit an, während welcher sie in einer gewissen Höhe über dem Horizont eines Landes steht; denn es ist möglich, daß die Erwärmung durch einen zwar niedrigeren, aber länger anhaltenden, Sonnenstand denselben Grad erreicht, als wenn die Sonne viel höher steht, aber um desto kürzer einwirkt. Könnten wir es, etwa durch Erfahrung, für alle möglichen 2 Höhen ausmitteln, wie viele Minuten z. B. die

---

*) Nur darf **SM** nicht so klein werden, daß es gleich **MA** wird, sonst sind alle die Winkel **ASB**, **AS''B** ꝛc. einander gleich.

Sonne in der einen stehen müßte, um der erwärmenden Wirkung während eines minutenlangen Standes in der andern gleichzukommen, so könnten wir — freilich eine verwickelte Aufgabe — die Gesammterwärmung, die ein Land während eines größern Zeitraumes, z. B. eines Monates oder Jahres, erfährt, mit der eines anders gelegenen Landes vergleichen. Wir brauchten nur in beiden alle Minuten die Sonnenhöhe aufzuschreiben, die gleichdauernden gleichhohen Stände in beiden abzurechnen, und die übrigbleibenden dann hinsichtlich ihrer erwärmenden Wirkung zu vergleichen, um dem Lande, bei welchem diese Gesammterwärmung größer ausfiele, ein wärmeres Klima zuzuschreiben.

344.

Dabei würden wir aber doch sehr oft von der Wirklichkeit bedeutend abweichende Resultate erhalten; denken wir nur an den Einfluß, den ebene oder gebirgige Beschaffenheit der Gegend, Höhe über der Meeresfläche, ihr Anbau — große Wälder, oder offenes Land —, Meere oder sonstige Gewässer, Winde, heiterer oder bedeckter Himmel, Gewitter und unzählige andere Umstände, die gehörig zu würdigen uns hier viel zu weit führen würde, ausüben. Dies alles trägt zu sehr den Schein des Zufälligen, Unregelmäßigen an sich, liegt so ganz außer dem Bereich unserer Berechnungen, daß wir das wahre Klima einer Gegend nur durch Erfahrung wirklich finden können. Berücksichtigen wir aber blos das Klima, wie es von den Sonnenständen abhängt, die immer regelmäßig und unverändert wiederkehren, — das sogenannte mathematische Klima, — so haben wir in diesem wenigstens einen ariadneischen Faden, an dem wir uns durch die unzähligen verschiedenen Temperaturverhältnisse der verschiedenen Gegenden der Erde zurechtfinden können; denn immer bleiben die Sonnenstände die mächtigste Ursache der wechselnden Temperatur.

Mathematisches Klima.

Heiße Zone.

345.

Den Bewohnern des Aequators steht die Sonne zweimal im Jahre, am 21. März und 23. September, zu Mittag im Zenith, niemals aber niedriger über dem Horizont als $66\frac{1}{2}^0$, daher wird, obgleich die Tageslänge stets nur 12 Stunden beträgt, die Erwärmung doch einen bedeutenden Grad erreichen, die Abwechselung im Jahre sich aber so darstellen.

Vom 21. März*) bis 21. Juni wird die Erwärmung abnehmen

*) In der Wirklichkeit erleidet dieses wieder mannigfache Modificationen durch die örtliche Beschaffenheit. So ist es Thatsache, daß die höchste Erwärmung erst einige Zeit nach dem höchsten Sonnenstande eintritt, und ebenso die größte Kälte erst nach dem niedrigsten, weil erst eine Zeit vergehen muß, bis der Erdboden die dem Einfluß der Sonne entsprechende Temperatur angenommen hat.

Vom 21. Juni bis 23. Sept. wird die Erwärmung zunehmen
„ 23. Sept. „ 21. Dec. „ „ „ abnehmen
„ 21. Dec. „ 21. März „ „ „ zunehmen,

mithin die niedrigsten Temperaturen auf den 21. Juni und 21. December, die höchsten aber auf den 23. September und 21. März fallen. Jedoch tritt dort grade zur Zeit, wo die Hitze ihren höchsten Grad erreichen sollte, als wohlthätige Linderung und Erquickung für die Bewohner, die sogenannte Regenzeit ein, daher dort auch gleichsam 4 Jahreszeiten, 2 trockene und 2 nasse, abwechseln, die aber durchaus nichts Aehnliches mit unserem Frühling, Sommer, Herbst und Winter haben.

346.

Befinden wir uns einige Grade vom Aequator entfernt, z. B. unter 10° nördl. Breite, so werden wir im Wesentlichen noch dieselben Erscheinungen haben. Auch hier geht die Sonne noch an zwei Tagen des Jahres durch das Zenith, nur liegen diese zwei Tage nicht mehr ein halbes Jahr von einander, wie unter dem Aequator, sondern fallen nach (327) auf den 15. April und 27. August.

Daher hier der Temperaturgang etwa folgender:

Vom 15. April bis 21. Juni abnehmend
„ 21. Juni „ 27. August zunehmend
„ 27. Aug. „ 21. Dec. abnehmend
„ 21. Dec. „ 15. April zunehmend.

Die höchsten Temperaturen fielen also auf den 15. April und 27. August, die niedrigsten, je eine niedrigste zwischen die höchsten, auf den 21. Juni und 21. December. Wir hätten also hier auch wieder während eines Jahres eine doppelte Periode des Ab- und Zunehmens, eine kürzere, vom höchsten Werth der Erwärmung am 15. April über den niedrigsten am 21. Juni bis wieder zum höchsten am 27. August, und eine längere, vom höchsten Grad der Erwärmung am 27. August über den niedrigsten am 21. December bis wieder zum höchsten Grad am 15. April. Vergleichen wir aber die beiden niedrigsten Temperaturen am 21. Juni und am 21. December, so finden wir:

am 21. Juni die Mittagssonnenhöhe $76\frac{1}{2}^{\circ}$, u. die Tageslänge 12 St. 35 M.
„ 21. Dec. „ „ „ $56\frac{1}{2}^{\circ}$, „ „ „ „ 11 „ 25 „

daher wird die niedrigste Temperatur am 21. Juni doch auffallend höher sein, als die am 21. December. — Diese Abwechselung wird aber bedeutend modificirt wieder durch die Regenzeit um die Zeit des höchsten Sonnenstandes; daher unsere vier Jahreszeiten hier etwa so aussehen möchten: Regenzeit um den 15. April; kürzere wärmere trockene Jahreszeit um den 21. Juni, Regenzeit um den 23. September, längere weniger warme trockene Jahreszeit um den 21. December herum.

347.

Gehen wir noch weiter nach Norden, etwa unter 20° Breite, so finden wir (327) die Erwärmung durch die Sonne

vom 20. Mai abnehmend bis 21. Juni, von da zunehmend bis 23. Juli
„ 23. Juli „ „ 21. Dec., „ „ „ „ 20. Mai,

also wieder die doppelte Periode des Ab- und Zunehmens, aber an Dauer bedeutend mehr unterschieden; die kürzere vom 20. Mai bis 23. Juli nur 2 Monate, die längere vom 23. Juli bis 20. Mai 10 Monate dauernd. — Dabei hat der niedrigste Werth

am 21. Juni eine Mittagssonnenhöhe von 86½° u. Tageslänge von 13 St. 12 M.
„ 21. Dec. „ „ „ 46½° „ „ „ 10 „ 48 „

also ist der am 21. Juni hier noch auffallender wärmer, als der am 21. Decbr. Die vier Jahreszeiten wären demnach: Regenzeit um den 20. Mai herum, kurze wärmere trockene Jahreszeit um den 21. Juni, Regenzeit um den 23. September, lange weniger warme trockene Jahreszeit um den 21. December.

Wendekreis des Krebses.

348.

Unter dem Wendekreis des Krebses, 23½° nördl. Breite, endlich finden wir den Uebergang zu dem Temperaturgange, wie wir ihn in der gemäßigten Zone bei uns zu finden gewohnt sind. Die beiden Tage des höchsten Sonnenstandes, die immer mehr zusammenrückten, je weiter wir vom Aequator aus nach Norden zu gingen, fallen hier auf den 21. Juni zusammen. Von unsern doppelten Perioden ist die kürzere bis auf 0 geschmolzen, die längere aber bis auf 12 Monate gewachsen; daher wir den Temperaturgang hier nur einfach haben: vom 21. Juni bis 21. Dec. abnehmend, vom 21. Dec. bis 21. Juni zunehmend. Am 21. Juni, wo die beiden höchsten Sonnenstände mit dem niedrigsten der kürzern Periode zusammenfallen, ist die Mittagshöhe 90°, die Tagdauer 13 St. 28 M., während am 21. Dec. die Mittagshöhe 43°, die Tagdauer 10 St. 32 M. beträgt. Die Hitze um den 21. Juni herum müßte daher hier eine auffallende Höhe erreichen, weil die Sonne um diese Zeit ihre Declination sehr langsam ändert, daher mehrere Wochen lang zu Mittag fast durch das Zenith (vom 9. Juni bis zum 2. Juli nicht mehr als ½° davon entfernt) geht, — würde sie nicht auch wieder durch die beiden Regenzeiten, die hier in die einzige um den 21. Juni zusammenfallen, bedeutend gemildert.

Gemäßigte Zone, kalte Zone.

349.

Durchwandern wir jetzt die gemäßigte Zone von 23½° bis 66½°, so finden wir den uns bekannten Cyclus der Erwärmung, wie diese

von ihrem größten Werth am 21. Juni durch den mittleren am 23. Sept. bis zu ihrem kleinsten am 21. Dec. abnimmt, und von da durch den andern mittlern am 21. März bis zu ihrem höchsten am 21. Juni wieder zunimmt. Ebenso sehen wir die förmlichen 4 Jahreszeiten, Sommer, Herbst, Winter und Frühling, immer mehr und mehr hervortreten, je weiter wir uns zuerst von $23^1/_2{}^0$ nach Norden begeben, aber auch immer mehr und mehr wieder verschwinden, wenn wir in die Nähe des nördlichen Polarkreises kommen. Der Unterschied zwischen der Sommerhitze und Winterkälte wird, trotz des gleichbleibenden Unterschieds zwischen dem höchsten und niedrigsten Sonnenstand am 21. Juni und 21. Dec., der für die gemäßigte Zone stets 47^0 beträgt, hauptsächlich durch den wachsenden Unterschied zwischen der Dauer des längsten und kürzesten Tages, der unter $23^1/_2{}^0$ Breite kaum 3 Stunden, unter 50^0 mehr als 8, unter $66^1/_2{}^0$ endlich 24 Stunden ausmacht, immer auffallender; daher wir noch in der Nähe des Wendekreises einen langen heißen, durch Regengüsse gemilderten Sommer und einen kurzen ganz gelinden Winter, in der Nähe des Polarkreises aber einen kurzen verhältnißmäßig noch warmen Sommer und einen langen strengen Winter finden, die ziemlich schroff in einander übergehen, während in den glücklichen Ländern um 40^0 Breite der freundlich vermittelnde Frühling und Herbst zwischen den warmen Sommer und gelinden Winter tritt.

In der kalten Zone endlich sinkt die ganze Jahrestemperatur immer mehr. Der Winter wird immer länger und kälter, um einem immer kürzern und schwächern Sommer eine kurze Frist zu gestatten, bis wir endlich in Gegenden gelangen, wo die Strenge der Natur allem thierischen und vegetabilischen Leben ein Ziel setzt, und deren unübersehbare Eisflächen noch kein menschlicher Fuß durchwandert hat.

Südliche Halbkugel. Neben-, Gegenwohner, Antipoden.

350.

Auf ganz ähnliche Unterschiede und Uebergänge in dem jährlichen Temperaturgang, wie wir sie hier in der nördlichen Halbkugel der Erde von 0^0 bis zu 90^0 Breite verfolgten, stoßen wir nun auch auf der südlichen; nur finden wir die Tage, an denen gleiche Tagdauer und Sonnenhöhe vorkommt, immer um ein halbes Jahr von denen auf der nördlichen Halbkugel entfernt; was auf der einen Hälfte der Erde am 21. December stattfindet, kommt auf der andern am 21. Juni zum Vorschein, und so fort. — Meine Leser mögen sich das Vergnügen machen, dies selbst zu durchdenken. Sind sie damit gehörig in's Klare gekommen, so mögen sie sich auch noch von folgenden Wahrheiten überzeugen:

Die Bewohner zweier Orte auf der Erde, die auf demselben Parallelkreise wohnen, aber 180^0 Längenunterschied haben, und Nebenwohner heißen, haben die Tageszeiten entgegengesetzt, die Jahreszeiten aber gleich.

Wohnen sie auf demselben Meridian, und hat der eine so viel nördliche geographische Breite als der andere südliche, so heißen sie: Gegenwohner, und haben die Tageszeiten gleich, die Jahreszeiten entgegengesetzt. Die Sonne wird ihnen aber nicht in einem und demselben Augenblick auf- und untergehen, außer am 21. März und 23. September.

Zwei Bewohner an entgegengesetzten Seiten eines Erddurchmessers heißen Gegenfüßler (Antipoden), sie haben entgegengesetzte Tageszeiten und Jahreszeiten. —

Unter welchem Grad der Breite müssen wohl 2 Nebenwohner sich befinden, wenn sie zugleich Antipoden sein sollen? — Unter welchem aber 2 Gegenwohner, die zugleich Gegenfüßler sind? — Unter 0° und 90°.

Einfluß der Schiefe der Ekliptik.

351.

Alle die bisher erwähnten Verschiedenheiten der Sonnenhöhen, der Tagdauer, der Jahreszeiten und der klimatischen Verhältnisse hängen auf's Innigste zusammen mit der sogenannten Schiefe der Ekliptik, welche unveränderlich $23^1/_2{}^o$ beträgt. Um sich davon recht zu überzeugen, mögen meine Leser sich die Mühe nicht verdrießen lassen, sich die Veränderungen in allen diesen Verhältnissen klar zu überdenken, wenn diese Schiefe der Ekliptik eine andere wäre, z. B. 0°, wo dann also die Sonne Jahr aus Jahr ein im Aequator stehen würde, — oder größer als $23^1/_2{}^o$, wodurch die Declination der Sonne natürlich um eben so viel größer werden könnte am 21. Juni und 21. Decbr., — oder endlich gar wenn sie 90° betrüge, wo die Sonne am 21. Juni dem Nordpol der Erde im Zenith stände.

Zeitmaße.

Tage.

352.

Wonach stellen denn meine Leser ihre Uhren? — Nach der Thurmuhr ohne Zweifel, denn danach richtet sich ja die ganze Stadt. — Aber wer regulirt denn nun die Thurmuhr? Sie wird eben von einem Manne, der besonders dafür zu sorgen hat, von Zeit zu Zeit nach der Sonne gestellt. Wir können uns denken, jener Mann habe einen Theodolithen ein für allemal so festgestellt, daß dessen Fernrohr die Meridianebene durchläuft und brauchte nur jeden Mittag, wo die Sonne scheint, diese zu beobachten und in dem Augenblicke, in dem der Mittelpunkt der Sonne durch die Meridianebene geht, die Uhr so zu stellen, daß sie genau $12^h\ 0'\ 0''$ zeigt. Ist nun die Uhr so eingerichtet, daß sie von einem solchen Sonnendurchgang durch den Meridian bis zum

nächstfolgenden grade 24 Stunden mit gleichmäßiger Geschwindigkeit durchläuft, so wird sie auch die übrigen Tagesstunden richtig angeben.

353.

Die Astronomen fangen, wie schon erwähnt, ihren Tag in dem Augenblick an, in welchem der Frühlingsnachtgleichepunkt, oder der durch diesen gehende Anfangsstundenkreis durch den Meridian geht. Sie reguliren also ihre Uhr nach den Culminationen der im Anfangsstundenkreis stehenden Fixsterne, und lassen die Uhren von da an bis 24 Uhr zeigen. Dies bietet für die meisten ihrer Beobachtungen und Berechnungen viel Bequemlichkeit dar. Wir brauchen unter Andern nur daran zu denken, daß wenn sie den Stundenkreis eines Sterns (seine Rectascension) wissen, dessen Culmination genau dann zu erwarten ist, ihre Uhr die Stunde des Stundenkreises zeigt, und umgekehrt, wenn sie die Culmination eines Sternes zu einer bestimmten Stunde ihrer Uhr beobachteten, diese Zeit auch sogleich den Stundenkreis des Sternes angiebt (vergl. 302).

Unbequemlichkeit der Sternzeit für das bürgerliche Leben.

354.

Für das bürgerliche Leben kann man aber diese Sternzeit nicht wohl gebrauchen, denn stellt (Fig. 85) E unser Theodolithenfernrohr, F einen Fixstern, S die Sonne, der Kreis aber den Parallelkreis eines täglichen Umschwungs und der Pfeil dessen Richtung vor, so könnten etwa heute Mittag Stern und Sonnenmittelpunkt zusammenstehen. Dann bewegen sie sich beide in der Richtung des Pfeils mit der ganzen Himmelskugel um uns herum. In der Zeit aber entfernt sich die Sonne nach der entgegengesetzten Richtung in der Ekliptik um etwa einen Grad, und wenn morgen Mittag der Stern F wieder im Fernrohr erscheint, steht die Sonne noch, wie in der Figur dargestellt ist, links oder östlich davon, und es muß noch eine Zeit vergehen, bis sich der Himmel so weit gedreht hat, daß auch S vor das Fernrohr kommt; dies wird etwa 4 Minuten währen, weil 1° Bogen des täglichen Umschwungs in 4′ Zeit vollendet wird. Gehen also heute Mittag 2 Uhren, wovon die eine nach der Culmination eines Fixsterns, die andere nach der der Sonne gestellt wird, zusammen, so wird morgen Mittag, wenn die Sternuhr 12^{h} 0′ 0″ zeigt, die nach der Sonne gehende erst etwa 11 Uhr 56′ zeigen dürfen, und so fort der Anfang des Sterntags auf immer frühere Tagesstunden treffen, wie es in dem Täfelchen (287) näher angegeben ist. Soll also 12 Uhr Mittags, die Zeit der Culmination des regulirenden Gestirns, im Laufe des Jahres nicht nach und nach auf alle möglichen Tageszeiten fallen, was für das bürgerliche Leben höchst unbequem sein würde, so dürfen wir uns hier nur nach einer der Sonne folgenden Uhr richten.

355.

Dabei machen wir aber bald eine eigenthümliche Erfahrung. Eine gute Räderuhr will mit der Sonne nicht gleichen Schritt halten. Ist sie auch so regulirt, daß sie — heute im Augenblick des Meridiandurchgangs der Sonne auf 12 Uhr gestellt, morgen wieder genau Mittag zeigt, wenn die Sonne grade culminirt, so wird sie doch schon nach einigen Tagen nicht mehr genau mit der Sonne gehen. Periodenweise eilt sie dieser immer mehr vor oder bleibt immer mehr hinter ihr zurück. — Eine gute Sternuhr dagegen kann leicht so regulirt werden, daß sie Jahr aus Jahr ein genau dem Umschwung der Sterne folgt, immer zugleich mit der Culmination des Frühlingspunktes ihren neuen Cyclus beginnt.

356.

Wie könnte dies Zusammenstimmen aber möglich sein, wenn beide so ganz unabhängig daherwandelnde Dinge nicht eben durch ihre Regelmäßigkeit zusammengehalten würden, wie die Spieler eines Concerts durch den einmal angegebenen Tact? Wenn also die Sterne und die Uhr in gleichmäßiger Geschwindigkeit vorwärts gehen, mit der Sonne aber eine Uhr nicht gleichen Schritt zu halten im Stande ist, so muß wohl der Grund nur in der Unregelmäßigkeit des Sonnenlaufs gesucht werden.

Ursachen der Unregelmäßigkeiten des Sonnenlaufs.

357.

Zunächst fragen wir: geht denn die Sonne mit gleichmäßiger Geschwindigkeit in der Ekliptik einher? — Unmöglich! — Um vom Frühlingsnachtgleichepunkt zum Herbstnachtgleichepunkt zu kommen, gebraucht sie die 187 Tage, vom 21. März bis zum 23. September; auf ihren Weg aber vom Herbstpunkte bis zum Frühlingspunkt verwendet sie die 179 übrigen Tage des Jahrs, vom 23. September bis zum 21. März. Zu beiden gleichen Wegen von je 180^{0} braucht sie also verschiedene Zeiten, daher sie im Frühjahr und Sommer langsamer, im Herbst und Winter aber schneller in der Ekliptik fortschreiten muß. —

Aber gesetzt auch, sie ginge in der Ekliptik alle Tage um einen gleich großen Bogen weiter, lägen dann die Endpunkte dieses Bogens S und F (Fig. 85) durch das ganze Jahr hindurch immer in 2 gleich weit von einander entfernten Stundenkreisen des Himmels? Denn das müßten sie doch, wenn die Sonne allemal gleich viel Zeit bedürfen sollte, um mit dem täglichen Umschwung diesen Bogen zu durchwandern oder täglich um gleich viel später zu culminiren, als der Punkt, wo sie am vorhergehenden Tag gestanden hatte. — Abermals nein! Denn sind (Fig. 86) F g und S t zwei gleich lange Bogen in der Ekliptik, etwa von 1^{0}, ersterer beim Frühlingspunkt, letzterer im Zeichen der Zwillinge, und durch deren Endpunkte vier Stundenkreise gezogen,

so liegen die beiden Stundenkreise durch F und g, deren Entfernung durch den Bogen des Aequators F g' gemessen wird, viel näher zusammen, als die beiden Stundenkreise durch S und t, deren Entfernung in Graden oder Zeit der Bogen S' t' angiebt, oder F g' ist viel kleiner als S' t'*). Daher ist die Zeit, die S in Fig. 85 gebraucht, um in den Meridian zu kommen, gegen den 21. März kleiner, als um Sommersanfang, d. h. zur Zeit des Frühlingsanfangs würde der Sonnentag um weniger länger sein als der unveränderliche Sterntag, als dies gegen den 21. Juni der Fall ist, daher, selbst wenn die Sonne gleichmäßig geschwind in der Ekliptik fortschritte, doch gegen den 21. März die Sonnenstunden kürzer dauern würden, als wenn die Sonne in das Zeichen des Krebses tritt.

Mittlere Sonnenzeit.

358.

Aus diesen zwei Gründen, weil der Gang der Sonne in der Ekliptik ungleichförmig ist und selbst wenn er gleichförmig wäre, daß dann doch die Sonne nicht alle Tage zu gleich entfernten Stundenkreisen überginge, ist also die Sonne unfähig, als Regulator unserer Uhren, wenn diese zu allen Zeiten Stunden von gleichbleibender Länge geben sollen, zu dienen. Oder könnten sich jene beiden Unregelmäßigkeiten nicht aufheben, die eine das wieder gut machen, was die andere verdorben? Wohl möglich — aber sie thun es nicht. — Um daher Sonnenstunden von stets gleicher Dauer zu erhalten, denken sich die Astronomen außer der wahren wirklichen Sonne eine andere nur eingebildete, die sogenannte mittlere Sonne, die gleichmäßig alle Tage in einen um gleich viel Grade, Minuten und Secunden weiter nach Osten liegenden Stundenkreis rückt und nur in derselben Zeit, wie die wahre Sonne, den ganzen Umlauf in der Ekliptik vollendet, also vollkommen den Erfordernissen eines Regulators entspricht. Diese eingebildete Sonne wird nun der wahren bald vorausgeeilt sein, bald hinter ihr zurückbleiben; viermal im Jahre aber, etwa den 15. April, 15. Juni, 1. September, 25. Dec., stehen sie zusammen.

---

*) Es ist nämlich 1) Fg' kleiner als Fg, weil Fg schief gegen den Aequator steht. Denken wir uns nur erst einmal, der Ekliptikbogen Fg fiele mit dem Aequator zusammen, so lägen g und g' in einem und demselben Punkt des Aequators, stände aber jener senkrecht auf dem Aequator, so fiele der Punkt g in denselben Stundenkreis mit F, g' also in F; machen wir also die Schiefe der Ekliptik von 0° bis 90° immer größer, so wird Fg' von der Länge gleich Fg immer kleiner, bis es endlich für $gFg' = 90^o$ zu 0° zusammenschmilzt; 2) aber ist S' t' größer als S t oder das diesem gleiche F g, denn S t ist fast parallel mit S' t', also als ein Bogen des $23^1/_2$ten Parallelkreises anzusehen, also so viel mal kleiner als S' t', als überhaupt alle Grade dieses Parallelkreises kleiner sind, als die des Aequators. Da also S' t' größer als Fg, dieses aber größer als Fg', so ist um so mehr S' t' größer als Fg'.

359.

Da man aber diese mittlere Sonne, nach welcher die Uhren gestellt werden sollen, nicht sieht, sondern blos die wirkliche beobachtet werden kann, so müssen wir für jeden Tag des Jahres genau wissen, wie weit beide Sonnen in Zeit von einander entfernt sind. Dies wird dann auch von den Astronomen genau in den Ephemeriden angegeben, gewöhnlich unter der Rubrik: mittlere Zeit im wahren Mittag; d. h. es ist für jeden Tag angegeben, wie viel eine nach der mittleren Sonne sich richtende Uhr, deren Angaben man mittlere Zeit nennt, zeigen soll, wenn die wahre Sonne im Meridian steht, oder wenn die sich nach der wahren Sonne richtende *), daher unregelmäßig gehende Uhr $12^h\ 0'\ 0''$ giebt.

Folgendes Täfelchen giebt dies von etwa 10 zu 10 Tagen an.

Tag.	Monat.	Mittlere Zeit im wahren Mittag.	Abweichung der beiden Sonnen.	Tag.	Monat.	Mittlere Zeit im wahren Mittag.	Abweichung der beiden Sonnen.
1.	Januar.	12 Uhr 4′	+ 4′	9.	Juli.	12 Uhr 5′	+ 5′
11.	,,	,, 8′	8′	19.	,,	,, 6′	6′
21.	,,	,, 11′	11′	29.	,,	,, 6′	6′
31.	,,	,, 14′	14′	8.	August.	,, 5′	5′
10.	Februar.	,, 15′	15′	18.	,,	,, 4′	4′
20.	,,	,, 14′	14′	28.	,,	,, 1′	1′
1.	März.	,, 13′	13′	7.	Septbr.	11 58′	— 2′
11.	,,	,, 10′	10′	17.	,,	,, 54′	6′
21.	,,	,, 7′	7′	27.	,,	,, 51′	9′
31.	,,	,, 4′	4′	7.	October.	,, 48′	12′
10.	April.	,, 1′	1′	17.	,,	,, 45′	15′
20.	,,	11 59′	— 1′	27.	,,	,, 44′	16′
30.	,,	,, 57′	3′	6.	Nov.	,, 44′	16′
10.	Mai.	,, 56′	4′	16.	,,	,, 45′	15′
20.	,,	,, 56′	4′	26.	,,	,, 48′	12′
30.	,,	,, 57′	3′	6.	Dec.	,, 51′	9′
9.	Juni.	,, 59′	1′	16.	,,	,, 56′	4′
19.	,,	12 1′	+ 1′	26.	,,	12 1′	+ 1′
29.	,,	,, 3′	3′				

Die einzelnen Secunden sind hier nicht mehr angegeben, da diese im Laufe der Zeiten sich etwas ändern, und für jedes einzelne Jahr in den Ephemeriden nachgesehen werden können.

---

*) Daß die eigentlich sogenannten Sonnenuhren, d. h. solche, bei denen der Schatten eines von der Sonne beschienenen Stiftes die Stunden zeigt, solche wahre Sonnenuhren sind, werden meine Leser leicht einsehen.

Zeitgleichung.

(360.)

Die Abweichung der wahren und mittleren Sonne in Zeit nennen die Astronomen die Zeitgleichung. Muß diese Zeitgleichung zu dem wahren Mittag addirt werden, um den Stand der mittleren Uhr zur Zeit dieses wahren Mittags zu geben, so schreibt man vor den Werth derselben das Additionszeichen (+), wenn sie subtrahirt werden muß, ein Subtractionszeichen (—).

Die Zeitgleichung befolgt nun, wie wir sehen, folgenden regelmäßigen Gang:

Den 25. Dec. ist sie = 0,	mittlere Sonne ist bei der wahren;
wächst bis gegen	
„ 11. Febr., zu einem größten Werth von 15′	mittlere Sonne ist vor*) der wahren;
nimmt ab, bis	
zum 15. April, wo sie = 0,	mittlere Sonne ist bei der wahren;
wächst wieder bis	
„ 14. Mai, zu einem größten Werth von 4′	mittlere Sonne ist hinter der wahren;
nimmt ab, bis	
„ 15. Juni, wo sie = 0,	mittlere Sonne ist bei der wahren;
wächst wieder bis	
„ 26. Juli, zu einem größten Werth von 6′	mittlere Sonne ist vor der wahren;
nimmt ab, bis	
„ 1. Sept., wo sie = 0,	mittlere Sonne ist bei der wahren;
wächst wieder bis	
„ 1. Nov., zu einem größten Werth von 16′	mittlere Sonne ist hinter der wahren;
nimmt ab, bis	
„ 25. Dec., wo sie = 0,	mittlere Sonne ist bei der wahren.

Zwischen je 2 Werthen von 0 findet sich also jedesmal ein größter Werth. Diese 4 größten Werthe sind aber unter sich wieder verschieden, der größte unter allen diesen Vieren ist der im Anfang November, der etwas mehr als $^1/_4$ Stunde ausmacht.

(361.)

Aber warum in aller Welt, werden meine Leser fragen, ist denn diese Zeitgleichung grade am 15. April oder einem andern der angegebenen Tage = 0 angenommen worden? Denn eine solche Annahme ist doch wohl willkürlich, wenn auch dann die Werthe derselben an den andern Tagen davon abhängen, — warum läßt man nicht lieber am 21. März wahre und mittlere Sonne zugleich Mittag machen? Halten ja doch die Astronomen die mittlere Sonne in ihrer Hand und können sie ihren Lauf beginnen lassen, welchen Augenblick

---

*) d. h. sie culminirt früher als die wahre. In der Ekliptik steht sie hinter der wahren.

sie wollen! — Ja, wenn das auch in diesem Jahre geschähe, so würde sich doch vielleicht schon im nächsten diese mittlere Sonne, die sich doch in Ewigkeit nun regelmäßig bewegen soll, vielleicht nicht grade am 21. März wieder mit der wahren Sonne zugleich im Meridian befinden. Und dann wird es auch einmal ein Jahr gegeben haben, wo grade am 21. März die Zeitgleichung 0 gewesen ist. Wir können uns denken, dies sei im Jahre der Erschaffung der Welt gewesen, und die Astronomen haben's grade zur Genauigkeit ihrer Zeitrechnungen so eingerichtet, daß von Anfang der Erde bis in alle Ewigkeit fort diese stets absolut gleichen Tage und Stunden existiren.

Blicken wir, wenn's meine Leser interessirt, den Astronomen noch ein wenig näher in die Karten. Verstehen wir vielleicht auch nicht ganz ihr Treiben, so können wir doch vielleicht einigen Aufschluß erhalten, wie jetzt namentlich die Zeitgleichung an den angegebenen Tagen die angegebenen Werthe erhält.

Bestimmung der Zeitgleichung.

(362.)

Zuerst fragen wir: geht denn die wahre Sonne so ganz nach willkürlicher Laune in der Ekliptik einher, oder ist ihre ungleichmäßige Geschwindigkeit doch regelmäßig? Beobachtungen lehren das Letztere. Vergleichen wir nämlich von Tag zu Tag die Stücke der Ekliptik, die die Sonne täglich durchläuft, so finden wir diese unter allen am größten, wenn die Sonne etwa am letzten December im Punkte P *) Fig. 87 des äußersten Kreises, der die Ekliptik vorstellen mag, sich befindet. Da ist also die Geschwindigkeit der Sonne am größten, sie nimmt von da an ab bis zum Punkt A, den sie etwa am 1sten Juli erreicht; von diesem Augenblicke der kleinsten Geschwindigkeit wächst diese wieder bis zum Schlusse des Jahres. Seien die 36 Punkte des äußersten Kreises 36 verschiedene Orte der Sonne in der Ekliptik für gleiche Zeitintervalle (von je $^{365}/_{36}$ oder etwa 10 Tagen), wobei also die geringere Entfernung zweier aufeinanderfolgenden Orte bei A die dort stattfindende geringere Geschwindigkeit andeuten soll.

Nun denken sich die Astronomen zunächst eine andere Sonne, die die Ekliptik gleichmäßig geschwind durchwandert, — wir wollen sie die 2te Sonne nennen, um sie von der wahren und mittleren zu unterscheiden — und zwar so, daß sie mit der wahren immer zugleich durch den Punkt P geht. Ist ja doch dieser Punkt P unter allen Sonnenörtern einer der merkwürdigsten. — Ihre gleichmäßige Geschwindigkeit deuten wir im 2ten Kreise (Fig. 87) durch die 36 Orte von stets gleichbleibender Entfernung an.

---

*) Ueber die Bedeutung dieses Punktes P der größten Geschwindigkeit der Sonne, der in unsern jetzigen Jahren etwa in den letzten December fällt, im Laufe der Jahrhunderte aber seinen Platz ändert, siehe (391) und (505, 2).

(363.)

Denken wir uns nun von E, der Erde, aus allemal nach den 2 Orten der wahren und 2ten Sonne für einen und denselben Tag 2 Gesichtslinien, so giebt uns die Größe des Winkels dieser beiden Gesichtslinien die Größe der Entfernung der beiden Sonnen an, und zugleich sehen wir, daß, wenn von der Erde aus betrachtet der Gesichtsstrahl nach dem Orte der wahren Sonne links von dem nach der 2ten liegt, die wahre Sonne vor der 2ten in der Ekliptik voraus ist, also später culminirt, und umgekehrt. Vergleichen wir auf diese Weise den Lauf der beiden Sonnen, so finden wir:

Orte.	Geschwindigkeit der wahren Sonne.	Entfernung der beiden Sonnen.	Die wahre Sonne ist in der Ekliptik
P ♎	am größten	0	vor der 2ten
♏	nimmt ab	wächst	
♐			
♑	gleich der der 2ten	am größten	
♒	nimmt ab	nimmt ab	
♓			
A ♈	am kleinsten	0	
♉	wächst	wächst	
♊			
♋	gleich der der 2ten	am größten	hinter der 2ten.
♌	wächst	nimmt ab	
♍			
P ♎	am größten.	0.	

So laufen die wahre und diese 2te Sonne ewig in demselben Cyclus in der Ekliptik fort; — der Punkt P aber und mit ihm A schiebt sich alle Jahre, wie die Beobachtungen zeigen, um etwa **11** Bogensecunden nach der Ordnung der Zeichen (von West nach Ost, also in entgegengesetzter Richtung, wie der Frühlingspunkt) fort.

(364.)

Daß aber diese 2te Sonne noch nicht die Eigenschaft habe, in gleichen Zeiten, z. B. alle Tage, in gleich weit von einander entfernte Stundenkreise zu rücken, was wir von unserem Zeitregulator mit aller Strenge fordern, haben wir (357) gesehen. Wir nehmen daher jetzt unsre Zuflucht zu der mittleren Sonne, deren Gang wir auf dem innersten Kreise*) der Fig. 87 darstellen wollen. Daß ihr Gang in

*) Diese 3 Kreise stellen alle die Ekliptik vor, und sind nur, um die Figur nicht zu verwirren, abgesondert gezeichnet.

der Ekliptik nicht gleichmäßig sein kann, wie der der 2ten, die uns ja grade nicht genügt, versteht sich von selbst, aber wo muß sie denn größere, wo kleinere Schritte als diese 2te machen? Da gleichweit von einander entfernte Stundenkreise alle Parallelkreise und vor allen den Aequator in gleiche Bogen zertheilen, so würde unsre mittlere Sonne ihrem Zweck vollkommen entsprechen, wenn sie, wie die 2te in der Ekliptik, so im Aequator gleichmäßig einherginge. Da nun die 2te Sonne für alle Zeiten mit unerschütterlicher Gleichmäßigkeit in der Ekliptik einherwandelt, dabei aber, wenn sie im Frühlingspunkt F ist, auch im Aequator steht, so haben es die Astronomen für am zweckmäßigsten gehalten, die mittlere Sonne in demselben Augenblicke mit der 2ten durch diesen Frühlingspunkt gehen zu lassen.

(365.)

Denken wir uns also nun, es gehe (Fig. 86) von F aus, im nämlichen Augenblicke, die 2te Sonne in der Ekliptik nach S zu, die mittlere Sonne aber nach S′ im Aequator, so werden sie auch in einem und demselben Moment in S und S′ ankommen, und überhaupt wird in jedem Augenblick die 2te Sonne ebensoweit von F in der Ekliptik, als die mittlere Sonne von F im Aequator sich befinden, weil beide die 2 gleichen Kreise, Ekliptik und Aequator, in gleicher Zeit mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen. Ziehen wir aber nun die gleichweit von einander abstehenden Stundenkreise durch die Orte der mittleren Sonne im Aequator von Mittag zu Mittag, so durchschneiden diese die Ekliptik in bestimmten Punkten, die von den gleichzeitigen Orten der 2ten Sonne meistens verschieden sein werden, bis auf F, wo die Orte beider Sonnen ja in einem Punkt zusammenfallen und in S und S′, die beide im VIten Stundenkreise liegen. Denken wir uns aber die Bogen F g″, m″n″ und t′ S′ von gleicher Länge, so werden wir, wenn wir (357) mit Behutsamkeit vergleichen, uns leicht davon überzeugen, daß der Durchschnittspunkt des durch g″ gehenden Stundenkreises mit der Ekliptik weiter von F entfernt ist als der Ort der 2ten Sonne g für denselben Augenblick, in dem die mittlere Sonne in g″ steht; da aber g″F und g F gleich lange Bogen sind, so wird die mittlere Sonne, wenn wir sie in die Ekliptik versetzen, in der Nähe von F größere Schritte machen müssen, als die 2te, um in den richtig entfernten Stundenkreis zu kommen. Betrachten wir dagegen den Bogen t′S′, ziehen den Stundenkreis durch t′, so wird der Durchschnitt desselben mit der Ekliptik, t, näher an S liegen als der mit t′ gleichzeitige Ort der 2ten Sonne t″ *), daher macht die in

---

*) Erinnern wir uns nur, daß t″S gleich t′S′ sein muß, und daß tS fast als ein Bogen des 23½ten Parallelkreises anzusehen ist, der zwar ebensoviel, aber kleinere Grade, Minuten und Secunden enthält, als t′S′.

die Ekliptik versetzte mittlere Sonne in der Nähe von S kleinere tägliche Schritte, als die 2te Sonne; in der Nähe von F aber größere.

(366.)

Da also die mittlere Sonne, wenn wir sie in der Ekliptik einher gehen ließen, in der Nähe von F schneller, bei S aber langsamer*) gehen müßte, um von Tag zu Tag in gleichweit entfernte Stundenkreise zu gelangen, so werden wir die Orte der mittleren Sonne von 10 zu 10 Tagen in dem innern Ekliptikkreise von Fig. 87 der Art nach richtig zeichnen, wenn wir ihre Entfernungen von F bis S immer abnehmen lassen.

Diese Periode der abnehmenden Ortsentfernungen der in die Ekliptik versetzten mittleren Sonne für die gleichen 10tägigen Zeitintervalle, wie wir sie von F bis S gefunden, wiederholt sich aber, wie wir leicht finden werden, in den übrigen dreien Viertheilen der Ekliptik. Von S bis H nehmen sie in demselben Verhältnisse wieder zu, von H bis W wieder ab, und von da bis F endlich wieder zu.

(367.)

Jetzt haben wir also glücklich die gleichzeitigen Orte der wahren und mittleren Sonne im äußersten und innersten Kreise (Fig. 87) zusammen. Ziehen wir also nach 2 solchen gleichzeitigen Orten, die in der Figur allemal durch Striche verbunden sind, um nicht irre zu werden, so können wir wie in (363) zusehen, ob beide Sonnen zusammenstehen, oder welche vor oder hinter der andern ist. So werden wir der Art nach alle (360) erwähnten Veränderungen der Zeitgleichung sich entfalten sehen, werden die 4 Tage finden, wo sie gleich Null ist, und ebenso die 4, wo sie den größten Werth erreicht, — unter denen nEn' am 1sten November am größten, fEf' nur wenig kleiner, die beiden im Mai und Juli aber viel kleiner sind, und werden endlich sehen, wie vom 30sten August (1sten Sept.) bis 25. Dec. die mittlere Sonne in der Ekliptik vor der wahren einhergeht, also später culminirt als diese u. s. f., wie (360) näher angeführt worden. Die wirklichen Werthe der Minuten der Zeitgleichung finden wir freilich in unserer Figur nicht, weil diese der Anschaulichkeit wegen alle Veränderungen der Geschwindigkeiten der Sonnen zu grell angiebt. Das Zeichnen derselben im genau richtigen Verhältniß überlassen wir billig den Astronomen, die dasselbe wahrscheinlich auch durch andere bequemere und sicherere Mittel ersetzen können.

Nur das wollen wir noch kurz bedenken, da der Cyclus der Ab-

---

*) Daß es also zwischen F und S einen Augenblick geben müsse, in welchem mittlere und 2te Sonne in der Ekliptik gleich schnell gehen, sieht man leicht. Es ist da, wo der Ekliptikbogen m n um ebensoviel länger, als der Parallelkreisbogen mn' ist, als dieser kürzer ist als der Aequatorbogen m''n'', — vorausgesetzt, daß diese 3 Bogen zwischen denselben Stundenkreisen liegen.

weichungen der wahren und 2ten Sonne an den Ort P, der der Abweichungen der 2ten und mittleren aber an den Ort von F gebunden ist, P und F sich aber alle Jahre um etwa 62″ in Bogen nähern, indem P nach F zu etwas mehr als 11″, F aber nach P zu etwas mehr als 50″ (309) sich verschieben, so werden die Werthe der Zeitgleichung sich im Laufe der Zeiten etwas ändern. Das geschieht aber so langsam, daß wir unsere Tabelle füglich bis an unser Lebensende benutzen können.

Wann hat denn wohl P und F zusammengestanden, da sich von jenem Zeitpunkt an P über S und H durch 280 Grad bewegt hat, von denen auf jedes Jahr 0° 1′ 2″ kommen?

Jahre.

Siderisches, tropisches, anomalistisches.

368.

Nachdem wir uns im Vorigen in dem sogenannten mittleren Sonnentag eine, für alle Zeiten gleichbleibende, Zeiteinheit verschafft haben, können wir jetzt zur Untersuchung schreiten, wie viel derselben auf den größeren Zeitraum, den wir Jahr nennen, gehen. Daß das Jahr die Zeit sei, die die Sonne braucht, um einen Umlauf durch die Ekliptik zu vollenden, haben meine Leser lange gemerkt. Wollten wir also dessen Länge ermitteln, so müßten wir den Augenblick nach mittlerer Zeit aufschreiben, in dem die mittlere Sonne bei irgend einem Fixstern, z. B. dem Regulus steht, und dann erwarten, bis die Sonne nach ihrem Umlauf in der Ekliptik genau wieder in derselben Stellung zu diesem Fixsterne ist; die genauesten Beobachtungen darüber ergeben, daß diese Periode

365 Tage 6 Stunden 9 Minuten 12 Secunden *)

dauert; man nennt sie, weil man einen Fixstern als Ausgangspunkt und Zielpunkt angenommen, nach einem lateinischen Worte: das siderische Jahr (Sternjahr).

Bestimmt man aber die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um vom Frühlingspunkt wieder zum Frühlingspunkt zu gelangen, so wird diese mit der siderischen Umlaufszeit nicht völlig übereinstimmen, indem der Frühlingspunkt nicht fest am Himmel bleibt, wie die Fixsterne. Steht z. B. (Fig. 88) heute die Sonne und Frühlingspunkt in S und F zusammen, so wird sich die Sonne nach der Richtung des Pfeils in der Ekliptik fortbewegen, während der Zeit aber geht F selbst nach F′ zu, der Sonne entgegen. Diese wird also den Punkt F′ früher errei-

*) Natürlich mittlere Sonnenzeit.

chen, als sie ihren siderischen Umlauf bis zum Punkt F (dem Ort des Frühlingspunkts vor einem Jahr) vollendet, und zwar ziemlich genau so viel früher, als sie noch Zeit gebrauchte, um den Bogen F'F, der bekanntlich etwa 50″ beträgt, zu durchwandern. — Diese Zeit*) ist aber ungefähr 20 Minuten 22 Secunden, daher der Umlauf vom Frühlingspunkte bis zum Orte desselben im folgenden Jahr um 20 Minuten 22 Secunden kürzer als die wirkliche — siderische — Umlaufszeit und also

365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 50 Secunden.

Sie heißt das tropische Jahr.

Eine dritte Umlaufszeit ist von P (Fig. 87) bis zum Orte P im folgenden Jahr, sie heißt das anomalistische Jahr; da P in einem Jahre etwa 12 Bogensecunden nach der Ordnung der Zeichen weiter rückt, so muß die Sonne, nach Vollendung eines vollen Umlaufs von 360°, noch 12 Bogensecunden mehr laufen, bis sie wieder zu P kommt**). Zu diesen 12″ gebraucht sie etwa 5 Minuten, daher ist das anomalistische Jahr 5 Minuten länger als das siderische. —

Ueber das bürgerliche Jahr, sowie über die Einrichtung unserer Kalender s. (420 ff.).

Beobachtungen des Mondes.

Mondbahn.

369.

Suchen wir die Stelle des Mondes am Himmel unter den uns bekannten Fixsternen auf, so finden wir leicht, daß diese sich immer fort verändert. Er wandert auch wie die Sonne von Westen nach Osten unter ihnen am Himmelsgewölbe fort. Die Bahn, die er durchläuft, können wir aber eben so wie die der Sonne (305), nur noch leichter, bestimmen, indem sein mattes Licht uns recht wohl gestattet, die Sterne, die ihn umgeben, zugleich mit ihm zu sehen, und daher seine verschiedenen Stellungen zu den Fixsternen von Abend zu Abend auf einen Himmelsglobus unmittelbar aufzutragen. — So überzeugen wir uns denn bald, daß diese seine Bahn ein größter Kreis ist, der die Ekliptik in zweien, 180° von einander entfernten, Punkten, den sogenannten Knoten der Mondsbahn, durchschneidet, und daß die Ebene derselben etwa 5° gegen die Ekliptik geneigt ist, also weder mit

*) Leicht zu berechnen: denn zu 360° braucht sie 365 Tage 6 St. 9 Min. 12 Sec., wie viel zu 0° 0′ 50″? —

**) Zur Versinnlichung betrachte man die Zeiger einer Uhr; stehen diese um 12h 0′ 0″ zusammen, so findet der Minutenzeiger nach einer Stunde oder einem vollen Umlauf von 360°, wo er also wieder auf 12 steht, den Stundenzeiger nicht mehr da; der steht in diesem Augenblick auf 1, und es bedarf nun noch etwas mehr als 5 Minuten (weil während derselben der Stundenzeiger wieder ein Bischen weiter geht), bis der Minutenzeiger den Stundenzeiger wieder eingeholt hat. — Während aber diese Zeiger rechts herum wandern, geht die Sonne und der Punkt P links herum.

dieser, noch mit dem Aequator zusammenfällt, noch auch einer dieser beiden Linien parallel ist.

Revolutionen des Mondes.

Siderische, tropische.

370.

Fragen wir nach der Zeit, die der Mond gebraucht, um diesen Kreis vollständig zu durchlaufen, so müssen wir wieder, wie bei der Sonne (368), die Anzahl mittlerer Sonnentage, Stunden 2c. aufsuchen, die von einer bestimmten Stellung desselben zu bekannten Fixsternen bis zu derselben Stellung vergeht. — Wir finden sie gleich

27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten $11^1/_2$ Secunden.

Diese Zeit, in welcher also der Mond volle 360° am Himmel durchwandert, heißt auch wieder, wie bei der Sonne, die siderische Umlaufszeit; sie beträgt nur ungefähr den 13ten Theil des siderischen Sonnenjahrs; der Mond muß sich also 13 mal so geschwind am Himmel fortbewegen als die Sonne, und wirklich finden wir auch seinen täglichen Bogen in seiner Bahn etwa 13°, während der der Sonne nur etwa 1° beträgt.

Die Zeit, in welcher der Mond von dem Augenblick, wo er mit dem Frühlingsnachtgleichepunkt in demselben Stundenkreise steht, bis wieder zu einer solchen Stellung wandert, — seine tropische Umlaufszeit, wird etwas kürzer sein, weil ihm der Frühlingspunkt in etwa $27^1/_4$ Tag um beinahe 4 Bogensec. entgegenkommt (in $365^1/_4$ Tag 50 Bogensecunden) — sie beträgt nur

27 Tage 7 Stunden 43 Minuten $4^1/_2$ Secunden.

Drakontische Revolution.

371.

Die Knoten der Mondbahn, von denen der eine der Uebergang des Mondes von den Punkten seiner Bahn, welche südlich von der Ekliptik liegen, zu den nördlich von der Ekliptik gelegenen ist, und aufsteigender Knoten oder Drachenkopf heißt, während der andere der niedersteigende Knoten oder Drachenschwanz genannt wird, — bleiben aber nach unsern Beobachtungen durchaus nicht an derselben Stelle der Ekliptik stehen, sondern wandern in derselben fort, ähnlich wie es der Frühlingspunkt thut, und zwar auch wie dieser der Ordnung der Zeichen ♈ ♉ 2c. entgegengesetzt, also von Ost nach West, — aber während jener fast 26000 Jahre zu einem vollen Umlauf braucht, geht der Drachenkopf schon in beinahe 19 Jahren einmal in der ganzen Ekliptik herum.

Suchen wir also die Zeit, welche der Mond gebraucht, um von einem seiner Knoten, z. B. dem aufsteigenden, bis wieder zu dem auf-

steigenden Knoten zu gelangen, die sogenannte drakontische Umlaufszeit oder den Drachenmonat, so wird diese kleiner ausfallen müssen, als die siderische, weil der Mond dann so viel Grade weniger als 360° durchlaufen wird, als ihm der Drachenkopf während seines Umlaufs entgegenrückt. Diese drakontische Umlaufszeit beträgt daher nur

27 Tage 5 Stunden 5 Minuten 35 Secunden.

Anomalistische Revolution.

372.

Aber auch die Geschwindigkeit des Mondes in seiner Bahn ist keine genau gleichförmige, es giebt auch für ihn einen Punkt [wie P (362) für die Sonne], in welchem seine Geschwindigkeit am größten ist. Dieser Punkt aber wandert auch in der Mondbahn fort, und zwar von Westen nach Osten, — dem Fortrücken der Mondsknoten der Richtung nach entgegengesetzt. — Während aber der Punkt P bei der Sonne alle Jahre nur um etwa 12 Bogensecunden weiter ging, so daß ein voller Umlauf erst nach etwa 100000 Jahren vollendet würde, legt der entsprechende Mondbahnpunkt schon in 8 Jahren 310 Tagen volle 360° zurück.

Zählen wir also einen Mondumlauf vom Punkte P bis wieder zum Punkte P, so wird dieser, der die anomalistische Revolution des Mondes heißt, länger sein müssen, als die siderische Umlaufszeit, weil, wenn der Mond wieder nach 360° an dem Ort angelangt ist, wo er zuletzt mit dem Punkte P zusammen stand, dieser auch schon weiter gegangen ist, und es nun noch einiger Zeit bedarf, bis der Mond diesen Punkt wieder eingeholt hat. — Der anomalistische Monat beträgt daher

27 Tage 13 Stunden 18 Minuten 33 Secunden.

Synodische Revolution.

373.

Wählen wir aber endlich die Augenblicke, in welchen die Sonne und der Mond in demselben Stundenkreis sich befinden, zum Anfang und Ende eines Mondumlaufs, so wird ein solcher den siderischen noch mehr an Länge übertreffen müssen, als der anomalistische, weil die Sonne in derselben Richtung wie der Mond, aber 9 mal so schnell als der Punkt P im vorigen Paragraphen hergeht, daher denn die Sonne, die am Anfange eines Mondumlaufs mit dem Monde zusammen stand, in dem Augenblick, wo letzterer seine 360° vollendet hat, auch etwa 9 mal so weit vorgelaufen sein wird, als (372) der Punkt P. — Während also der anomalistische Monat etwa 6 Stunden länger war als der siderische, wird der hier in Rede stehende, die soge-

nannte synodische Revolution, circa 54 Stunden länger sein und wirklich beträgt sie

29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 2 Secunden.

Bestimmungen der Dauer dieser Revolutionen.

374.

Die vier verschiedenen Revolutionszeiten, die tropische, drakontische, sowie die anomalistische und synodische, können berechnet werden, sobald die siderische Umlaufszeit des Mondes und bezüglich die des Frühlingspunktes, Drachenkopfes, des Punktes P der Mondbahn und der Sonne, nebst deren Richtungen durch Beobachtungen ausgemittelt sind. — Wählen wir, um dies einzusehen, beispielsweise die synodische Umlaufszeit, so konnten wir so verfahren: Nach einem siderischen Mondumlauf von dem Augenblick an, wo Sonne und Mond zusammen standen, ist die Sonne ungefähr 27^0 — weil sie alle Tage etwa 1^0 zurücklegt, — vom Mond entfernt. — Zum Durchwandern dieser Entfernung braucht der Mond (zu 360^0 braucht er 27 Tage, also zu 27^0 2) etwa 2 Tage. Ist er aber nach den 2 Tagen da angekommen, wo die Sonne vor den 2 Tagen stand, so ist ihm die Sonne wieder um etwa 2^0 entlaufen, — um diese 2^0 noch zu durchwandern, gebraucht aber der Mond $3^1/_2$ Stunde, — glaubt er die Sonne aber dann erreicht zu haben, so ist diese in den $3^1/_2$ Stunden wieder um etwa 9 Bogenminuten weiter geeilt, — um diese wieder zu durchwandern, braucht der Mond wieder etwa 16 Zeitminuten, u. s. w. Macht es meinen Lesern Vergnügen, so könnten sie diese, eigentlich endlose Rechnung, die wir hier der Einfachheit wegen nur mit runden Zahlen angefangen haben, mit den genauen Werthen gehörig weit fortsetzen, um hernach durch Summirung der einzelnen Zeiten, die der Mond immer braucht, um die inzwischen fortgegangene Sonne einzuholen — (hier: 2 Tage; darauf $3^1/_2$ Stunde; dann 16 Minuten u. s. w.) — die Zeit zu finden, um welche die synodische Revolution länger ist, als die siderische.

375.

Weit einfacher und schneller kommen wir aber zum Ziele, wenn wir unsere Aufgabe so einkleiden:

Da die Sonne in 365 Tagen 6 Stunden 9 Minuten 12 Secunden 360^0 zurücklegt, so wandert sie in einem Tage fort um? — Wir wollen der Einfachheit wegen annehmen 1^0.

Da der Mond in 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten $11^1/_2$ Secunden seine 360^0 vollendet, so geht er in einem Tage fort um? — Wieder der Einfachheit wegen nehmen wir in runder Zahl 13^0.

Stehen also in einem Augenblick Sonne und Mond zusammen, so ist nach einem Tage der Mond um 13^0 weniger 1^0, d. h. um 12^0 vor der Sonne. — Es fragt sich nun, wenn der Mond in ei-

nem Tage der Sonne um 12° voreilt, in wie viel Tagen wird er ihr um 360° vorgeeilt sein, — denn, weil der Lauf der beiden Himmelskörper im Kreise vor sich geht, stehen sie, wenn sie 360° von einander entfernt sind, wieder zusammen. — Wir haben also anzusetzen:

$$12 : 360 = 1 \text{ Tag} : ? \text{ Tagen},$$

und wir finden 30 Tage als Dauer der synodischen Revolution des Mondes. Hätten wir statt obiger Werthe 1° und 13° die genauen Werthe genommen, so hätten wir in diesem letzten Ansatz statt 12° die genaue Zahl erhalten, und dann würde unsere Ausrechnung mit der Angabe (in 373) übereinstimmen. —

Sternbedeckungen.

376.

Bei aufmerksamer Beobachtung des Mondes werden wir leicht Gelegenheit haben eine eigenthümliche Erscheinung wahrzunehmen. Wir bemerken nämlich, daß zuweilen ein Fixstern, der nahe am östlichen Rande des Mondes sichtbar ist, diesem scheinbar immer näher rückt, bis er plötzlich hinter dem Mond verschwindet. Nach einiger Zeit, während welcher der Mond in seiner Bahn weiter nach Osten gerückt ist, kommt dann der Stern an dem andern Rande des Mondes wieder hervor.

Wie sollte das anders möglich sein, wenn nicht der Mond uns näher wäre als die Sterne? — Wie weit diese von uns entfernt sind, haben wir uns schon (188) vergeblich bemüht auszumitteln. Aber unsere Versuche scheiterten blos an der zu großen Entfernung derselben. — Vielleicht gelingt es uns aber beim Monde, seinen Abstand von unserer Erde zu finden.

Entfernung des Mondes von der Erde.

377.

Sei Fig. 89 der Kreis um K, den Mittelpunkt der Erde, der 36ste Meridian, auf welchem ungefähr 59° nördlich vom Aequator (A) Stockholm, S, 34° südlich aber die Capstadt C liegt. — In dem Augenblick, in welchem der Mond M in der erweiterten Meridianebene dieser beiden Städte liegt, werden sich also die vier Punkte S, M, C, K in einer Ebene befinden und ein bestimmtgestaltetes Viereck bilden. — Gelänge es uns nun dieses Viereck verkleinert, aber dem wirklichen ähnlich zu zeichnen, so könnten wir die Linien K M und K S ausmessen, und so oft dann K S in der K M enthalten wäre, so viel Erdhalbmesser wäre der Mond vom Mittelpunkte der Erde entfernt. Um aber unser Viereck C K S M dem wirklichen ähnlich zu zeichnen, konnten wir so verfahren:

Da Stockholm von der Capstadt $59^o + 34^o$ oder 93° entfernt

ist, zeichnen wir einstweilen einen Winkel SKC von 93°, und machen SK gleich CK, weil diese beiden Linien als Erdhalbmesser einander gleich sind. — Wüßten wir nun noch die Größe des Winkels KSM, sowie des Winkels KCM, so könnten wir die Linie SM und CM in ihren richtigen Lagen zu SKC auftragen. Wo sich diese beiden Linien durchschneiden, in M, ergäbe sich also der Ort des Mondes in seinem naturgemäßen Entfernungsverhältniß zur Erde.

Es kommt also alles darauf an, die Winkel KSM und KCM auszumessen. — Richtet man aber in Stockholm das Fernrohr eines Theodolithen mit horizontalem Limbus nach dem Mond, so giebt der Zeiger des Höhenkreises unmittelbar die Höhe des Mondes über dem Horizont, oder den Winkel MSs — da Ss die horizontale Mittagslinie vorstellt — an. Dazu braucht man dann nur 90°, die Größe des Winkels sSK, hinzuzufügen, um den Winkel MSK zu erhalten. — Ebenso kann man auch in der Capstadt den Winkel MCn, als die Höhe des Mondes über dem Horizont, unmittelbar mit dem Theodolithen messen; und auch dieser zu 90° (nCk ist = 90°) addirt giebt den Winkel MCK.

Da der Mond aber jeden Augenblick seine Höhe über dem Horizont ändert, so bedarf es einer vorhergehenden Verabredung zwischen den beiden Beobachtern zu Stockholm und Capstadt, daß sie an demselben Tage, in dem Augenblick, wo ihnen der Mond im Meridian steht, also in einem und demselben Moment jene Winkel MSs und MCn messen wollen.*)

Hätten wir auf diese Weise unser Viereck so genau als möglich und in recht großem Maßstab entworfen, so würden wir daran durch unmittelbare Messung der Linien MK und SK oder CK finden, daß der Mond nur etwa 60 Erdhalbmesser oder 51000 Meilen vom Mittelpunkt der Erde entfernt ist.

Entfernung der Sonne von uns.

378.

Könnten wir auf diese Weise denn nicht auch die Entfernung der Sonne von uns messen? — Wir wiederholen das ganze Verfahren, nur beachten wir statt des Mondes die Sonne, und wirklich finden wir auch hier noch den Abstand der Sonne von der Erde zu etwa 24000 Erdhalbmessern oder etwa 20 bis 21 Mil-

*) Statt der beiden Orte Stockholm und Capstadt konnten wir auch jede zwei andere auf einem und demselben Meridian liegende Städte nehmen. — Wir haben hier absichtlich so weit als möglich entfernte gewählt, weil je größer der Winkel **SMC**, desto sicherer, schärfer der Durchschnittspunkt **M** der beiden Linien **SM** und **CM** wird. Am unzweideutigsten ist nämlich bei gezeichneten Linien der Durchschnitt zweier sich rechtwinklig durchschneidender Geraden, — während 2 Striche, die einen sehr kleinen Winkel bilden, noch eine Strecke vor und hinter dem eigentlichen Durchschnittspunkt zusammenfallen. Bei wirklichen — nicht gezeichneten — Linien wäre es freilich einerlei.

lionen Meilen, so daß die Sonne also ungefähr vierhundertmal so weit von uns entfernt ist als der Mond.

Nähmen wir aber statt des Mondes und der Sonne einen Fixstern, um dessen Entfernung zu suchen, so ist unsere Bemühung vergebens, die Linien S M und C M werden parallel, wir finden also keinen Durchschnittspunkt, wie M, mehr, zum Zeichen der, im eigentlichsten Sinne des Worts, unermeßlichen Entfernung der Fixsterne oder des Himmelsgewölbes von uns.

Wenn uns hierbei aber die Astronomen versichern, sie hätten noch viel genauere Methoden, die Mond- und Sonnenentfernung auszumitteln, so wollen wir ihnen das immerhin zugeben, und uns begnügen, wenigstens eine Idee davon zu haben, wie man jene Entfernungen hätte messen können.

Die in richtigem Verhältniß gezeichnete Fig. 89 gäbe uns aber zugleich noch ein anderes interessantes Resultat. Ziehen wir nämlich von M aus 2 Berührungslinien nach entgegengesetzten Rändern des Kreises um K, der die Erde vorstellt, und messen den Winkel, den diese beiden Linien in M mit einander bilden, so haben wir den scheinbaren Durchmesser der Erde für einen Beobachter auf dem Monde. — Dieser beträgt etwa 2 Grade, also 4 mal so viel als der scheinbare Durchmesser des Mondes von der Erde aus gesehen. — Nähmen wir aber statt der Fig. 89 die, in welcher Erde und Sonne in richtigem Entfernungsverhältniß gezeichnet ist, so würden wir die scheinbare Breite der Erde von der Sonne aus gesehen nur zu etwa 17 Secunden finden.

379.

Die Astronomen nennen den scheinbaren Halbmesser der Erde vom Monde aus gesehen die Horizontalparallaxe des Mondes, sie beträgt also etwa 1°; die Sonnenparallaxe, d. h. der scheinbare Halbmesser der Erde für einen Beobachter auf der Sonne, aber $8^{1}/_{2}$ Secunde.

Mond und Sonne am Himmel.

Phasen des Mondes.

380.

Denken wir uns jetzt (Fig. 90) in E die Erde, in dem äußeren Kreise den Mond um dieselbe wandern, so wird also die Sonne einen Kreis durchlaufen, der, nach demselben Maßstab gezeichnet, etwa 30 Fuß Halbmesser hätte. Stellen wir uns nun den Mond als eine an sich dunkle Kugel vor, die von der Sonne beleuchtet wird, so finden wir sogleich auf die einfachste Weise die verschiedenen Lichtgestalten des Mondes aus den verschiedenen Stellungen desselben zur Sonne während eines Umlaufs sich entfalten.

Wir wissen, daß die Sonne in ihrem Kreise etwa 27^0 durchläuft, während der Mond seinen siderischen Umlauf vollendet, daß aber die Periode, während welcher der Mond alle verschiedenen Stellungen zur Sonne durchläuft, der synodische Monat, etwa $29^1/_2$ Tage beträgt. Denken wir nun für die Fig. 90 unser Auge in einem Punkt des unermeßlich weiten Himmelsgewölbes, der grade über der Erde E liegt, so daß also der Gesichtsstrahl nach E senkrecht zu der Ebene des Papieres (welche die Ebene der Mondbahn vorstellt) steht, so fallen uns im Anfange eines synodischen Monats, wo Sonne und Mond in demselben Stundenkreise sich befinden, die beiden Linien von der Erde nach der Sonne und der Erde nach dem Monde (die wegen der Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik von 5^0 höchstens einen Winkel von 5^0 machen können) scheinbar in die Linie E 1. S. zusammen; dann wandert die Linie von E nach dem Monde schneller von West nach Ost, bis sie nach $29^1/_2$ Tag sich etwa in der Lage E S′ wieder decken.

Seien nun die Kreise 1, 2, 3 .... 8 acht, je 3 Tage 17 Stunden von einander entfernte, Stellungen des Mondes, so gezeichnet, wie sich der Mond dem über der Mondbahn schwebenden Auge darstellt. Da die Sonne sehr entfernt vom Monde ist, so wird sie stets die ganze, ihr zugewandte Halbkugel des Mondes erleuchten, während die abgewandte dunkel bleibt; das Auge aber sieht immer die Hälfte der erleuchteten und die Hälfte der dunkeln Halbkugel. In allen Figuren 1 bis 8 bedeutet nun N den dem Auge nächsten, oder den Mittelpunkt der dem Auge zugewandten Halbkugel, R den Punkt des Mondes, der bei dem Umlauf desselben in seiner Bahn am weitesten zurück, L aber den, der am meisten voran ist, V ferner den der Erde nächsten oder den Mittelpunkt der der Erde zugewandten Halbkugel, m aber die Mitte des der Erde zugewandten Bogens, der die Grenze bildet zwischen der erleuchteten und dunkeln Mondhalbkugel.

381.

Versetzen wir jetzt unser Auge auf die Erde, so wird sich der theilweise erleuchtete, theilweise dunkle Mond so ausnehmen, wie es für jede der 8 Stellungen in den entsprechenden römischen Nummern dargestellt ist.*)

In I können wir vom Monde nur die dunkle Halbkugel sehen, oder vielmehr, weil er sehr nahe über oder unter der Sonne, höchstens aber 5^0 von ihr entfernt ist, sehen wir ihn gar nicht. In einer solchen Nähe bei der Sonne würde ja selbst ein mattleuchtender Körper von den Sonnenstrahlen übertäubt, geschweige denn ein ganz dunkler. Wir haben „Neumond."

Von da entfernt sich der Mond nach Osten zu von der Sonne;

---

*) Im Nothfalle versinnliche man sich diese Erscheinungen durch eine halb weiße halb schwarze Kugel.

nach etwa 3 Tagen 17 Stunden steht er 45° oder 3 Stundenkreise von ihr entfernt; dann sehen wir von der erleuchteten Halbkugel das Stück N m S R N in II, das uns wie eine Sichel erscheint, die mit der Krümmung unserer rechten Hand übereinstimmt (oder wie man auch wohl sagt, in welche man die linke Hand hineinhalten kann), und von dem Kreise N R S und dem elliptischen Bogen N m S, der Beleuchtungsgrenze, umschlossen wird; die größte Breite der Sichel m R erscheint uns so groß als m'R von 2.

Nach wieder 3 Tagen 17 Stunden, also etwa nach einer Woche vom Neumond an, während welcher Zeit die beleuchtete Sichel nach der linken Hand zu immer größer geworden, erscheint diese in III als ein Halbkreis N V S R N. Die Beleuchtungsgrenze ist zur geraden Linie geworden. — Weil wir hier die Hälfte der erleuchteten Halbkugel sehen, so heißt diese Lichtgestalt des Mondes das erste Viertel; der Mond steht dann 90° von der Sonne entfernt.

In IV ist der sichtbare Theil der beleuchteten Mondhälfte noch größer geworden, die größte Breite desselben m R ist gleich m'R in 4; es scheint am Mond die dunkle und deshalb unsichtbare Sichel N L S m N zu fehlen.

In V aber erblicken wir die ganze erleuchtete Halbkugel, wir haben „Vollmond." Dieser tritt ein, wenn der Mond, nach fast 15 Tagen vom Neumond an gerechnet, 180° von der Sonne entfernt ist.

Von jetzt an nimmt der sichtbare Theil N m S L N der beleuchteten Mondhalbkugel wieder ab, es fehlt ihm in VI wieder eine Sichel, wie in IV; aber jetzt an der rechten Seite, während sie dort linker Hand abgeschnitten schien.

In VII haben wir wieder eine ähnliche Lichtphase wie in 3, das sogenannte letzte Viertel, nur steht hier, umgekehrt wie in 3, die kreisförmige Begrenzung nach der linken Hand, die als gerade Linie erscheinende Lichtgrenze aber nach der rechten zu. — Hier ist der Mond nach etwa 22 Tagen der Sonne um 270° vorgelaufen.

In VIII endlich, 3 Tage 17 Stunden vor dem nächsten Neumond, ist die Lichtgestalt des Mondes wieder wie in II zu einer Sichel zusammengeschmolzen, die aber hier mit der Krümmung der linken Hand übereinkommt, oder so steht, daß man die rechte Hand hineinhalten kann. — Der Mond ist der Sonne wieder bis auf 45° nahe gerückt. — Von da an wird die Sichel immer schmäler und schmäler, bis sie im nächsten Neumond ganz verschwindet und dieser Cyclus der Mondphasen oder der „Mondwechsel" von Neuem beginnt.

Culminationszeit.

382.

Bringen wir nun den Mondwechsel mit dem täglichen Umschwung der Sonne in Beziehung, so finden wir sogleich:

Zur Zeit des Neumondes culminiren Mond und Sonne zugleich; nach einigen Tagen aber bleibt der Mond hinter der Sonne zurück*), so daß wir ihn als erstes Viertel, wo er 45° oder 3 Stundenkreise hinter derselben hergeht, erst nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel leuchtend erblicken, während er am Tage wegen des glänzenden Sonnenlichts fast unbemerkt blieb.

Als erstes Viertel culminirt er 6 Stunden später, also Abends 6 Uhr.

Als Vollmond erreicht er 12 Stunden nach der Sonne seine größte Höhe über dem Horizont, culminirt also genau um Mitternacht. Als letztes Viertel endlich geht er 18 Stunden nach, oder was einerlei ist, 6 Stunden vor der Sonne durch den Meridian, culminirt also Morgens um 6 Uhr.

Ebenso läßt sich leicht für jede andere Zeit die Zeit seiner Culmination finden, sobald man nur weiß, wieviel Tage nach dem Neumond verflossen sind, oder wie man sich ausdrückt, wie alt der Mond ist.

Culminationshöhe, Zeit und Ort des Auf- und Untergangs des Mondes.

383.

Will man aber die Höhe über dem Horizont bei seiner Culmination wissen, oder die Uhr seines Auf- und Untergangs, die Zeit, die er über dem Horizont verweilt, die Himmelsgegend, in der er aufgeht, so hängt dies noch von mancherlei anderen Umständen ab, wie wir durch einige Aufgaben zu erläutern suchen wollen.

1) Am 21. März sei erstes Viertel und der Mond befinde sich gerade in einem seiner Knoten, stehe also in der Ekliptik; — wie groß ist seine Culminationshöhe, um wieviel Uhr und in welcher Himmelsgegend geht er auf und unter, und wie lange bleibt er über dem Horizont eines Ortes, dessen geographische Breite 50° ist?

Da der Mond im ersten Viertel 90° nach Osten von der Sonne entfernt ist, so steht er, weil er sich zugleich in der Ekliptik befinden soll, an der Stelle des Himmels, an welche die Sonne nach 3 Monaten, also am 21. Juni gelangen würde. — Wir brauchen also alle obigen Fragen nur so zu beantworten, als wäre von der Sonne am 21. Juni die Rede. — Aus (325) finden wir dann bald seine Culminationshöhe $63\frac{1}{2}^{\circ}$, die Himmelsgegend des Auf- und Untergangs ist beinahe Nordost und Nordwest, die Zeit seines Verweilens

*) Er culminirt von Tag zu Tag etwa 50 Minuten später. — Eine ganze Stunde würde diese Verspätung ausmachen, wenn er täglich statt etwa 13° fortzurücken in einen um 15° weiter nach Osten gelegenen Stundenkreis gelangte.

über dem Horizont gleich der Tageslänge am 21. Juni für 50° geogr. Breite aber 16 Stunden 10 Minuten. — Die Zeit, die er also vor seiner Culmination auf- und nach derselben untergeht, beträgt 8 Stunden 5 Minuten, und da er im ersten Viertel 6 Stunden später, also Abends um 6 Uhr culminirt, so geht er auf Morgens 9 Uhr 55 Minuten, unter aber Nachts 2 Uhr 5 Minuten; und da am 21. März die Sonne Abends 6 Uhr untergeht, so wird er gerade von seiner Culmination 6 Uhr Abends bis zu seinem Untergang, also 8 Stunden 5 Minuten unsere Nacht erleuchten, wenn wir annehmen, daß er, so lange die Sonne noch über dem Horizont sei, unsichtbar wäre. — Genau genommen wird aber sein Untergang noch etwas später fallen, da er während 8 Stunden wieder einige Grade nach Osten zu gerückt ist.

384.

2) Am 13. Nov. sei Vollmond, der Mond befinde sich aber gerade im nördlichsten Punkt seiner Bahn, also 5° nördlich von der Ekliptik.

Da er beim Vollmond 180° von der Sonne entfernt ist, so befindet er sich nördlich über dem Punkte der Ekliptik, in welchem die Sonne ein Halbjahr vor oder nach dem 13ten Nov., das ist am 13ten Mai steht. Befände sich nun der Mond gerade in der Ekliptik, so würde er dieselbe tägliche Bahn, denselben Parallelkreis durchlaufen, wie die Sonne, die dann etwa $18^1/_2{}^0$ nördliche Declination hätte; da aber der Mond noch 5° nördlicher steht, so hat er eine Declination von $23^1/_2{}^0$ nördlich vom Aequator, durchläuft also denselben Parallelkreis, den die Sonne durchlaufen würde, wenn diese $23^1/_2$ nördlich vom Aequator sich befindet. Dies ist am 21sten Juni der Fall, seine Culminationshöhe, die Gegend des Auf- und Untergangs, so wie die Zeit, die er über dem Horizont verweilt, stimmt also dann zufällig mit der vorigen Aufgabe überein, — die Zeit des Auf- und Untergangs aber müssen wir wieder besonders suchen. Da er nämlich als Vollmond genau um Mitternacht culminirt, und 8 Stunden 5 Minuten vorher aufgeht, so wird er über dem Horizont verweilen von 3 Uhr 55 Minuten Nachmittags bis 8 Uhr 5 Minuten des andern Morgens, also die ganze Nacht durch scheinen, die gegen den 13ten Nov. etwa von Abends halb 5 bis Morgens halb 8 Uhr dauert.

385.

Diese 2 Beispiele mögen genügen, um uns wenigstens die Erfordernisse zu zeigen, die obigen Fragen nach den Monderscheinungen an einem fraglichen Tag zu beantworten. Wir sehen aber daraus, wie man wissen muß:

1) Wieviel Tage nach dem letzten Neumond verflossen, oder welche Phase der Mond an dem fraglichen Tage haben werde. Dies

kann man leicht finden, sobald man nur die Zeit irgend eines Neumondes, seit Erschaffung der Welt möcht' ich sagen, kennt, denn da nach 29 Tagen 12 Stunden 44 Minuten 2 Secunden allemal dieselben Lichtgestalten wieder eintreten, kann man die Augenblicke aller Neumonde bis auf die fernsten Zeiten, also auch den letzten vor dem in Frage stehenden Tage ausrechnen.

2) Wieviel Grade der Mond dann nördlich oder südlich von der Ekliptik steht. — Um dies zu erfahren, müßte man wissen, wie weit er in seiner Bahn von dem aufsteigenden Knoten entfernt ist; dann könnten wir uns nämlich, auf ganz ähnliche Weise, wie wir (323) für die Sonne die nördliche oder südliche Abweichung vom Aequator je nach der Entfernung derselben in ihrer Bahn vom Frühlingsnachtgleichepunkt an einem guten Himmelsglobus ausmaßen, auch eine Tabelle entwerfen, worin wir angäben:

Entfernung des Mondes vom aufsteigenden Knoten.	Abweichung von der Ekliptik (nördlich).	Entfernung des Mondes vom aufsteigenden Knoten.	Abweichung von der Ekliptik (südlich).
0°	0° 0′	182°	0° 10′
13	1 9	195	1 19
26	2 14	208	2 24
39	3 13	221	3 21
52	4 1	234	4 8
65	4 38	247	4 42
78	5 0	260	5 2
91	5 7	273	5 6
104	4 58	286	4 55
117	4 33	299	4 28
130	3 55	312	3 48
143	3 4	325	2 56
156	2 4	338	1 55
169	0 58	351	0 48

Wüßten wir also nur den Augenblick, wo er zuletzt vor unserm fraglichen Tage in seinem aufsteigenden Knoten gewesen, so könnten wir so denken: Von jenem Augenblick sind bis zum fraglichen Tage so und so viel Tage verflossen; in so und so viel Tagen macht aber der Mond so und so viel Grade, da er in 27 Tagen ꝛc. 360° durchläuft. — Ist er aber so und so viel Grade von seinem aufsteigenden Knoten entfernt, so steht er nach der Tabelle so und so viel Grade nördlich oder südlich von der Ekliptik.

Jenen Augenblick vor dem fraglichen Tage, wo der Mond zuletzt in seinem aufsteigenden Knoten gewesen, erfahren wir aber leicht, wenn wir wieder nur irgend einen Augenblick wissen, sei es in welchem

Jahre es wolle, wo er in seinem auffsteigenden Knoten gestanden, — denn alle 27 Tage 5 Stunden 5 Minuten 35 Secunden erreicht er ihn dann wieder.

386.

Haben wir auf solche Weise für einen fraglichen Tag das Monds=alter — die Zeit, die nach dem letzten Neumond vergangen ist — so=wie den nördlichen oder südlichen Abstand des Mondes von der Ekliptik ausgemittelt, so können wir nach Anleitung der Beispiele in (383) die dort aufgestellten Fragen auflösen. — Das hier Gesagte mag hinreichen, um uns wenigstens einen Weg zu zeigen, den die Astronomen, falls sie keinen bessern wüßten, einschlagen könnten, um die Angaben des Mondauf= und Monduntergangs, wie sie sich in den Ephemeriden finden und von da gewöhnlich in die Kalender übergehen, zu bestimmen.

Durchdenken wir aber verschiedene der angeführten Aufgaben we=nigstens im Allgemeinen und Rohen, so werden wir noch folgende Er=fahrungen erklärt finden:

1) Als erstes Viertel, wo der Mond genau 6 Stunden später culminirt, als die Sonne, und daher im Mittel auch ungefähr 6 Stunden später auf= und untergeht, sehen wir denselben nur in den Abendstunden.

2) Als Vollmond aber geht er in der Abenddämmerung auf, cul=minirt genau 12 Uhr Mitternacht und geht in der Morgendämmerung unter, scheint also die ganze Nacht. Stände er immer genau in der Ekliptik, so würde er im Augenblick des Sonnenunterganges auf=, und des Sonnenaufganges untergehen. Steht er aber nördlich von der Ekliptik, so wird er früher auf= und später untergehen, während er, südlich von der Ekliptik, später auf= und früher untergeht.

3) Im letzten Viertel culminirt er 6 Stunden vor der Sonne, also Morgens um 6 Uhr, geht also gegen die Mitte der Nacht auf, und ist also nur in den frühen Morgenstunden vor Aufgang der Sonne sichtbar.

387.

Findet das erste Viertel in den letzten Tagen des Decembers statt, so wird der Mond in der Gegend des Himmels stehen, wohin die Sonne zu Frühlingsanfang gelangt, also während eines Tages unge=fähr den Aequator durchlaufen, die Culminationshöhe wird also für eine geographische Breite von 50° etwa 40° betragen, — da er aber möglicherweise noch 5° nördlicher oder 5° südlicher stehen kann, so finden sich 45° und 35° als die Grenzen seiner Culminationshöhe. So können wir für einen Ort in Deutschland (geographische Breite etwa 50°) noch folgende Zusammenstellung machen:

Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel		Neumond		Der Mond steht, wohin die Sonne gelangt am	Die Culminationshöhe der Sonne.	Culminationshöhe des Mondes.	
um	den	um	den	um	den	um	den			größte	kleinste
21.	Dec.	23.	Sept.	21.	Juni	21.	März	21. März	40°	45°	35°
21.	März	21.	Dec.	23.	Sept.	21.	Juni	21. Juni	63½	68½	58½
21.	Juni	21.	März	21.	Dec.	23.	Sept.	23. Sept.	40	45	35
23.	Sept.	21.	Juni	21.	März	21.	Dec.	21. Dec.	16½	21½	11½

Hieraus ersehen wir, daß die größte Höhe über dem Horizonte, die der Mond erreichen kann, $68\frac{1}{2}$, die niedrigste aber $11\frac{1}{2}$ beträgt; ferner, daß für

das erste Viertel die größte Höhe um d. 21. März, die niedrigste um d. 23. Sept.,
den Vollmond „ „ „ „ „ 21. Dec., „ „ „ „ „ 21. Juni,
das letzte Viertel „ „ „ „ „ 23. Sept., „ „ „ „ „ 21. März

im Allgemeinen eintreten werden. Dabei erinnere man sich noch, daß je größer die Culminationshöhe, desto größer auch die Zeit ist, die der Mond über dem Horizont verweilen wird.

Messung der wahren Größe von Mond und Sonne.

388.

Messen wir den scheinbaren Durchmesser (29) z. B. nach der in (76 u. ff.) angeführten Methode, sowohl des Mondes als der Sonne, so finden wir beide zufällig fast einander gleich. Er beträgt für beide etwa einen halben Grad oder 30′. Zeichnen wir uns daher das Dreieck, dessen eine Seite der Monddurchmesser, dessen beide andern aber die Gesichtslinien von unserm Auge nach den Endpunkten dieses Durchmessers sind, indem wir einen Winkel m a u (Fig. 91) von 30′ auftragen, seine Schenkel a m und a u gleich lang machen, und die Linie m u, die den Monddurchmesser vorstellt, ziehen, dem wirklichen ähnlich, so werden wir, wenn wir die Linien ausmessen, finden, daß m u etwa den 106ten bis 107ten Theil von a m oder a u ausmacht; zum Zeichen, daß der Durchmesser des Mondes auch etwa den 106ten Theil seiner Entfernung von uns beträgt. Da nun letztere (nach 377) im Mittel 50000 Meilen beträgt, so ergiebt sich

der Durchmesser des Mondes zu etwa 480 geogr. Meilen.

389.

Da aber dasselbe Dreieck m a u, wenn wir unter m u den Sonnendurchmesser uns denken, — zufällig auch der Wirklichkeit ähnlich ist, so beträgt auch der Sonnendurchmesser etwa den 107ten Theil der

Entfernung der Sonne von uns, d. h. von 21 Millionen Meilen; daher findet sich
der Durchmesser der Sonne zu etwa 190000 geogr. Meilen.

Größenvergleichung zwischen Sonne, Erde und Mond.

390.

Vergleichen wir diese Dimensionen mit denen unserer Erde, die 1720 Meilen dick ist, so zeigt sich
der Erddurchmesser etwa $3^1/_2$ mal so groß als der des Mondes,
„ Sonnendurchmesser etwa 109 mal so groß als der der Erde, während
„ ganze Durchmesser der Mondbahn nur 60 mal so groß als der der Erde wäre,
so daß, wollten wir die 3 Kugeln in richtigem Verhältniß zu einander darstellen, wir
den Mond durch einen Stecknadelknopf ($^1/_2$ par. Linie dick),
die Erde „ eine Erbse ($1^1/_2$ bis 2 Linien dick),
„ Sonne „ eine riesenmäßige Kegelkugel (1 Fuß 4 Zoll)
repräsentiren könnten.

Berechnen wir aber den körperlichen Inhalt der 3 Kugeln nach (133), so finden wir, daß etwa
50 Mondkugeln zusammengeballt eine Erdkugel und
1400000 Erdkugeln zusammengeballt erst eine Sonnenkugel geben.

Dächten wir uns diese riesenhafte Sonnenkugel hohl, und versetzten unsere Erde in die Mitte derselben, so könnte in ihrem Innern der Mond in seiner wahren Entfernung, ja fast in der doppelten, von der Erde diese umkreisen.

Veränderliche Entfernung des Mondes und der Sonne von uns.

391.

Beobachten wir den scheinbaren Durchmesser des Mondes und der Sonne öfter, z. B. von Tag zu Tag, so werden wir bald inne werden, daß diese sich nicht stets gleich bleiben, sondern während eines Umlaufs von einem größten Werth abnehmen bis zu einem kleinsten, und von da wieder wachsen bis zu ihrem größten Werthe. So finden wir z. B. beim Monde den größten scheinbaren Durchmesser etwa 33′ 31″, den kleinsten aber 29′ 22″, während derselbe bei der Sonne auch zwischen sehr nahen Grenzen um 30′ herum auf- und abschwankt. — Eine sorgfältige Vergleichung der Stellen, wo sich Mond oder Sonne in ihren Bahnen befinden, wenn der scheinbare Durchmesser den größten und kleinsten Werth hat, belehrt uns auch, daß er immer dann am größten ist, wenn sich diese Himmelskörper in dem Punkte ihrer größten Geschwindigkeiten, den wir (362) einstweilen mit P bezeichnet hatten, befinden; während der kleinste Durchmesser auch mit dem Orte der kleinsten Geschwindigkeit A (Fig. 87) zusammentrifft, der von dem Punkte P 180° entfernt ist.

392.

Da nun aber die Veränderung des scheinbaren Durchmessers einer Kugel nur 2 Ursachen haben kann, entweder: der wirkliche Durchmesser wird größer oder kleiner, oder wir nähern und entfernen uns von ihr, — und ersteres doch nicht wohl anzunehmen ist, so werden wir leicht zu der Ueberzeugung gelangen, daß der Mond, wie die Sonne, uns bald näher bald ferner stehen, oder daß die Erde nicht genau im Mittelpunkte der Kreisbahnen, in denen Mond und Sonne um sie wandern, sich befinden kann, wenn auch die Entfernung derselben von dem Mittelpunkte, die sogenannte Excentricität, wegen der doch im Ganzen unbedeutenden Schwankungen des scheinbaren Durchmessers, nicht sehr beträchtlich ist.

Sonnen- und Mondfinsternisse.

393.

Denken wir uns nach dem jetzt gewonnenen Standpunkt um die Erde e (Fig. 92)*) in der 60fachen Entfernung ihres Halbmessers den Mond m, in 400 Mondweiten aber die Sonne S, alle 3 Körper etwa nach den in (390) angedeuteten Größenverhältnissen zu einander; die Erde aber weder genau im Mittelpunkte der Mondbahn m o m, noch der Sonnenbahn S h b S, und die Ebenen der beiden Bahnen unter einem Winkel von 5^0 ($m'el' = 5^0$) zu einander geneigt; dabei die Durchschnittslinie derselben, die Knotenlinie der Mondbahn, k n, aber nicht fest auf der Ekliptikebene, sondern von Ost nach West innerhalb 19 Jahren alle möglichen Lagen durchlaufend, — so werden wir im Stande sein uns vollständige Rechenschaft von den Erscheinungen zu geben, die unter dem Namen der Sonnen- und Mondfinsternisse bekannt sind.

Schatten.

394.

Wir wissen, daß jeder leuchtende Punkt rings um sich eine Kugel voll Lichtstrahlen aussendet. Diese werden aber unterbrochen, sobald sich ihnen ein für das Licht undurchdringlicher, d. h. undurchsichtiger Körper entgegenstellt. Hinter diesem an und für sich dunkeln Körper befindet sich dann ein Raum, in welchen keine Lichtstrahlen dringen, und der der Schatten dieses Körpers heißt. Dieser Schattenraum selbst ist unsichtbar, und auf sein Dasein schließen wir nur aus dem Umstande, daß wenn ein Körper theilweise in ihn hineinragt, die Oberfläche dieses Körpers so weit nicht erleuchtet wird, als er in ihn eindringt. Halten wir also z. B. ein Buch in die Lichtkugel, die von

*) Der äußerste Kreis stellt einen Kreis des unermeßlich weiten Himmelsgewölbes dar, l'h'b' die Ekliptiklinie an diesem, wo nämlich alle möglichen Gesichtslinien von der Erde durch die Sonnenbahn S h b verlängert den Himmel treffen. Die Verhältnisse konnten natürlich bei einer kleinen Zeichnung nicht im Entferntesten gewahrt werden.

einer Kerze ausstrahlt, so finden wir an einer Wand, die sonst ganz erleuchtet worden wäre, des Buches wegen einen Theil unerleuchtet. Gewöhnlich nennt man blos diesen dunkeln Theil der Wand den Schatten des Buchs, weil man von dem übrigen Theil des Schattenraumes so lange keine Spur entdeckt, bis ein Körper, z. B. ein Blatt Papier, theilweise hineingehalten wird, auf das dann, — wie man sagt, das Buch auch seinen Schatten wirft. — Die schwarze Figur auf der Wand oder dem Papier ist also blos der Durchschnitt der Wand- oder der Papieroberfläche mit dem Schattenraume des Buchs.

395.

Daß die Gestalt des Schattenraums von der Form des schattenwerfenden Gegenstandes, und die schwarze Schattenfigur auch noch von der Gestalt und Lage des den Schatten auffangenden Körpers, oder vielmehr seiner Oberfläche abhängt, finden wir sehr natürlich. Ist das Licht blos ein Punkt, so finden wir die Form des Schattenraums dadurch, daß wir eine unendlich lange gerade Linie von dem leuchtenden Punkt aus so bewegen, daß sie rund um die Oberfläche des schattenwerfenden Körpers herschleift. Ist dieser z. B. eine Kugel, so wird der Schattenraum einen Kegel geben, dessen Spitze das Licht ist, dessen oberer Theil — zwischen Licht und Kugel — aber fehlt. Halten wir dann ein Stück ebenes Papier theilweise in diesen Schattenkegel, so wird die Schattenfigur einen Kreis, eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel geben, je nachdem die Papierfläche zur Axe des Kegels senkrecht, oder so geneigt ist, wie es (**110** und **111**) näher angegeben ist. Hat der auffangende Körper keine ebene, sondern eine anders gestaltete Oberfläche, so würde die Schattenfigur auch anders aussehen, und zwar wie es dem Durchschnitt dieser Oberfläche mit dem Schattenraum gemäß ist. — Versuche darüber können meine Leser an jedem Abend leicht in großer Menge anstellen und dabei bemerken, wie es sehr wohl angeht, blos aus der Form der Schattenfigur die Gestalt des schattenwerfenden Körpers zu erkennen.

396.

Auf ganz ähnliche Weise verdeckt auch, wenn wir an die Stelle des Lichtpunktes unser Auge denken, der schattenwerfende Körper einen Theil der auffangenden Oberfläche, und der verdeckte Theil hat genau die Gestalt, die die Schattenfigur haben würde, wenn an der Stelle unseres Auges ein leuchtender Punkt sich befände. — Denken wir aber unser Auge in der auffangenden Fläche, so wird es an allen Punkten derselben, die innerhalb der Schattenfigur liegen, den leuchtenden Punkt nicht sehen können.

Kern-Halbschatten.

397.

In der Wirklichkeit hat man aber fast nie einen hinreichend hellen bloßen Lichtpunkt, immer ist es ein leuchtender Körper, z. B.

eine Flamme. Von jedem einzelnen Punkte derselben gilt aber dann das oben Gesagte. Dadurch erhalten wir denn von einem leuchtenden Körper sehr viele Schattenräume, die aber alle theilweise in einander fallen. Haben wir z. B. (Fig. 93) eine leuchtende Linie a b und einen schattenwerfenden Stab m n (den wir uns zuerst kleiner als a b denken wollen), so giebt der Punkt

a den Schattenraum a′ m n a″
x „ „ x′ m n x″
y „ „ y′ m n y″
b „ „ b′ m n b″ u. s. w.

Dadurch entsteht nun hinter M m n N ein Raum, dessen einzelne Punkte sich rücksichtlich ihrer Beleuchtung durch a b sehr verschieden verhalten.

So erhalten z. B. alle Punkte innerhalb m n g Licht von keinem Punkte der ab,
„ „ in der Linie m y′ „ „ dem Theil y b „ „
„ „ „ „ „ m x′ „ „ „ „ x b „ „
„ „ innerhalb M m a′ „ „ allen Punkten „ „

Wandern wir also z. B. in der Linie E′E″ einher, so werden wir bis s vollständig beleuchtet werden, von s bis h erhalten wir Licht von einem immer kleiner werdenden Theil der a b, d. h. von immer wenigeren leuchtenden Punkten, bis wir von h bis h′ gar kein Licht empfangen. Von h′ bis s′ nimmt endlich die Beleuchtung wieder zu, bis wir von s′ an nach E″ gehend wieder in vollem Lichte uns befinden.

Der Raum m n g, in welchen gar kein Licht von a b fällt, heißt der Kernschatten; der Raum a′ m g n b″ aber, in welchen immer wenigstens von einigen Punkten der a b Lichtstrahlen einfallen, der Halbschatten von dem Gegenstande m n.

Der Halbschatten wird, wenn die auffangende Fläche von E′E″ noch in den Kernschattenraum reicht, zu beiden Seiten oder vielmehr rings um den Kernschatten sich zeigen. Da er aber vom Kernschatten an nach auswärts allmälig immer heller wird, bis er bei s und s′ in vollständige Beleuchtung übergeht, so wird die Schattenfigur auf E′ E″ nicht scharf begrenzt sein, sondern wie verwaschen aussehen.

Je näher die auffangende Fläche dem Gegenstande m n liegt, je kleiner der leuchtende Körper und je entfernter derselbe ist, desto geringer wird die Ausdehnung des Halbschattens, desto schärfer daher die Kernschattenfigur.

398.

Fällt die auffangende Fläche hinter die Spitze g des Kernschattens, wie z. B. b″ y″ .... x′ a′, so erhält sie gar keinen Kernschatten mehr, der Halbschatten auf ihr wird aber von b′ bis b″ und ebenso von a′ bis a″ dunkler werden, indem b″ und a′ noch eben von der ganzen Linie a b erleuchtet werden, y′ aber nur von a y, x′ nur noch von b x u. s. w.

Innerhalb des Raumes a'' g b' hat aber der Halbschatten für Punkte, die von m n gleichweit entfernt sind, eine gleichbleibende Dunkelheit, weil m n dann immer gleichviel vom leuchtenden Körper verdeckt.

Ist der schattenwerfende Körper ebenso groß, wie der leuchtende, so bleibt der Kernschatten überall gleich dick; ist er aber größer, so nimmt der Kernschatten mit der Entfernung vom leuchtenden Körper an Ausdehnung zu.

399.

Denken wir, unser Auge durchwandere die Ebene E' E'' oder die Fläche a' x . . . b'', so werden wir für alle Punkte derselben auch leicht finden, welche Theile der leuchtenden Linie a b wir sehen können; so werden wir für E' E'' haben:

Von E' bis s erblicken wir alle Punkte oder die ganze Linie a b. Von s bis h wird von a nach b aufwärts ein immer größeres Stück unsichtbar. Von h nach h' erblicken wir a b gar nicht, von h' bis s' aber wird von a nach b hin ein immer größeres Stück sichtbar, bis wir über s' hinausgehend wieder die ganze Linie sehen.

Ginge diese Ebene durch g, so würde der Raum, innerhalb dessen a b ganz unsichtbar ist, nur ein Punkt sein.

Durchwandern wir aber nur den Halbschattenraum, z. B. von a' bis b'', so sehen wir in a' noch eben die ganze a b, von a' bis y' gehend verdeckt uns die m n ein immer größer werdendes Stück der a b von a aus, in y' ist nur noch ein Theil von a b, etwa b y, sichtbar. Dasselbe findet statt, wenn wir von b'' nach x'' gehen: während wir in b'' noch die ganze Linie sehen, zeigt sich uns in x'' nur noch ein Stück, wie z. B. a x derselben. — Der Raum a''g b' hat eben hier wieder das Besondere, daß wir innerhalb desselben zwar die beiden Enden a und b sehen können, aber dazwischen ein Stück der ab von m n verdeckt wird. — Befindet sich das Auge grade in einem Punkte einer Linie von der Mitte der a b durch g, wie z. B. in v, so sind zu beiden Seiten des in der Mitte von a b unsichtbaren Stücks gleiche Stücke der Enden, b y gleich a x, sichtbar.

Von allen diesen Erscheinungen können sich meine Leser sehr einfach auch durch Versuche überzeugen, wenn sie nur hinter ein helles Fenster einen Gegenstand, ein Buch oder Knauel Garn, fest aufstellen, und nun entweder ein schattenauffangendes Papier, oder ihr Auge (das eine Auge muß geschlossen sein) in verschiedenen Entfernungen aufstellen, und letzteres namentlich zur Seite hin und her bewegen.

Sonnenfinsterniß.

400.

Da der Mond sowohl als die Erde an und für sich dunkle, nur von der Sonne beleuchtete Kugeln und kleiner als die Sonne sind, so werfen sie beständig einen kegelförmigen Kernschatten- und Halbschat-

tenraum hinter sich, nur daß diese von einer durchsichtigen Materie erfüllt, so lange unsichtbar, also auch unmerklich sind, bis ein undurchsichtiger Körper hineinragt.

Betrachten wir zunächst den Mondschattenraum und untersuchen die Erscheinungen auf unserer Erde, wenn diese in denselben eindringt. Aus Fig. 90 werden wir bald erkennen, daß nur zur Zeit des Neumonds, wo der Mond zwischen Sonne und Erde durchgeht, der Schatten des Mondes die Erde treffen kann. — Lägen nun Mondbahn und Ekliptik in einer und derselben Ebene, so würde es wirklich bei jedem Neumond vorkommen, daß Sonnen-, Mond- und Erdmittelpunkt einen Augenblick wenigstens in gerader Linie lägen und also die Erde in den Mondschatten geriethe. — Da aber die Mondbahn (vergl. Fig. 92) 5^0 gegen die Ekliptik geneigt ist, so wird jener Fall nur dann eintreten, wenn bei einem Neumond der Mond zugleich in einem seiner Knoten, also in der Ebene der Ekliptik steht. Befindet sich der Mond aber, bei seinem Durchgang zwischen Sonne und Erde, über oder unter der Ekliptik, so fällt die Axe des Mondschattenkegels über oder unter dem Erdmittelpunkt her.

401.

Da indessen die Erde E (Fig. 94) sowohl als der Schattenraum sMr des Mondes M eine gewisse Ausdehnung haben, so wird letzterer die Erde auch noch treffen können, wenn auch die Mittelpunkte der 3 Himmelskörper nicht genau in gerader Linie stehen, d. h. wenn der Mond noch etwas (fe) über oder unter der, Sonnen- und Erdmittelpunkt verbindenden, Geraden cS steht, weil es nur darauf ankommt, daß die Entfernung der Mondschattenaxe xS vom Erdmittelpunkt c nicht größer ist, als der Erdhalbmesser co und die halbe Dicke des Mondschattenraumes, ox, die dieser bei der Erde hat, zusammen genommen.

Diese Ausdehnung des Mondschattenraums bei der Erde wird aber begreiflich genau von dem Verhältniß der Größe der Sonne und des Mondes, sowie der beiden Entfernungen: Sonne und Mond, Mond und Erde abhängen. Zeichneten wir uns daher die Fig. 94 in richtigem Verhältnisse, — was wir können, da uns die eben genannten Dimensionen bekannt sind, — so würden wir den Bogen fe (oder Winkel fce) messen können, um zu erfahren, wie viel Grade über oder unter der Ekliptik der Mond sich höchstens befinden dürfe, damit wenigstens sein Halbschatten noch eben die Oberfläche der Erde berühre. Aus der Tafel in 385 würden wir dann finden, daß der Mond, wenn er um den Bogen fe (in Graden) über oder unter der Ekliptik stände, noch etwa 18^0 von seinem Knoten entfernt wäre. Ist also bei einem Neumond der Mond seinem Knoten näher als 18^0, so wird die Erde n in den Mondschattenraum hineinragen.

402.

Unsere Fig. 94 würde freilich nicht für alle Fälle genau richtig sein, weil wir wissen, daß die Sonne so wie der Mond uns bald näher bald etwas ferner stehen, was davon abhängt, wie weit sie grade in ihren Bahnen von dem Punkte P ihrer größten Nähe (362) sich befinden. Da nach der größern oder geringern Entfernung derselben von uns ihre scheinbaren Durchmesser sich richten, diese aber bei Sonne und Mond zufällig um 30′ herum auf- und abschwanken, so kann es bei einem Neumond recht wohl vorkommen, daß der scheinbare Durchmesser von Sonne und Mond einander gleich, bei einem andern, daß die Sonne größer, bei einem dritten endlich, daß sie kleiner erscheint als der Mond. — Sind die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes gleich, und liegen dabei Sonnen- und Mondmittelpunkt mit unserm Auge in einer geraden Linie, so treffen 2 Gesichtslinien von unserm Auge nach entgegengesetzten Enden eines Monddurchmessers auch grade die Enden eines Sonnendurchmessers, unser Auge liegt also dann in der Spitze des Kernschattenkegels des Mondes (vergl. g Fig. 93.). Ist aber die Sonne scheinbar größer als der Mond, so reicht der Kernschatten des letztern nicht bis zu uns, hat die Sonne aber einen kleinern scheinbaren Durchmesser, so senkt sich der Kernschattenkegel des Mondes bis auf eine gewisse Tiefe in die Erde hinein.

Totale, partiale, centrale, ringförmige Sonnenfinsterniß.

403.

Die Erscheinungen, die das Eintreten der Erde in den Mondschatten für einen Beobachter auf der Erde herbeiführt, werden aber folgende sein:

1) Erreicht die Spitze des Kernschattens gerade den Punkt g (Fig. 95) der Erdoberfläche, so gelangt zu diesem Punkt kein Sonnenstrahl, ein Auge in g sieht also die Sonne gar nicht, diese wird von einer Scheibe, die genau auf sie zu passen scheint, ganz verdeckt; der Ort g hat eine totale Sonnenfinsterniß. —

Für einen Punkt h im Halbschatten des Mondes denken wir uns eine gerade Gesichtslinie h s an der Oberfläche des Mondes herschleifend, diese beschreibt, bis zur Sonne verlängert, auf dieser einen Bogen o s u (Fig. 96). Da also nun nach h blos Strahlen von dem Stück osuro der Sonne gelangen können, so sieht es in h aus, als sei die Sonnenscheibe von einer andern dunkeln theilweise verdeckt, — eine Erscheinung, die den Namen partiale Sonnenfinsterniß führt. Je näher h bei g liegt, desto weniger ist von der Sonne sichtbar, desto weiter scheint die dunkle Scheibe sich über die Sonne hergeschoben zu haben. — Für ein Auge in n (Fig. 95) berühren sich die beiden Scheiben eben von außen, die Sonne scheint ganz unverdeckt, was na-

türlich auch für alle Punkte in nV der Fall ist, die gar nicht im Mondschattenraum liegen. — Dieselbe Erscheinung wie in h oder n wird aber auch an allen Orten der Erde stattfinden, die eben so weit von g entfernt sind, wie h oder n. Daher giebt es für diesen Augenblick, wo g in der Kernschattenspitze liegt, auf der Erde zugleich einen Punkt g, in welchem totale Sonnenfinsterniß stattfindet, in dem kreisförmig begrenzten Theil der Erdoberfläche g n n' n'' . . . . n aber zeigen sich nur partiale Finsternisse, während für den übrigen Theil der Erde die Sonne unverfinstert bleibt. Die partialen Finsternisse sind um so größer, je näher der Beobachtungsort bei g liegt. Auch sieht man leicht, daß in h die westliche, in h' die nördliche, in h'' die östliche Seite der Sonne noch sichtbar ist, während die entgegengesetzte verdeckt ist.

2) Dringt der Kernschattenkegel des Mondes (Fig. 97) in die Erde ein, so ist statt des bloßen Punktes g, wo eine totale Sonnenfinsterniß stattfindet, ein größeres, kreisförmig begrenztes Stück der Erdoberfläche vorhanden, das sich im Kernschatten befindet, also die Sonne ganz verdeckt sieht, sonst ist alles wie in 1).

3) Erreicht aber der Kernschatten die Erde nicht (Fig. 98), so finden an den im Mondschatten liegenden Orten nur partiale, nirgends totale Sonnenfinsternisse statt, weil im Halbschatten immer wenigstens ein Theil des leuchtenden Körpers unverdeckt bleibt. Einem Punkt x, der in der Schattenaxe liegt, scheint hier die kleinere Mondscheibe die Mitte der Sonne zu verdecken, während rings herum ein leuchtender gleich breiter Ring sichtbar bleibt. Da die Mittelpunkte der beiden Himmelskörper scheinbar zusammenfallen, so heißt die Sonnenfinsterniß in x ringförmig central*) (Fig. 99). — Für Punkte der Erde zwischen x und b b' b'' . . . b ist sie auch noch ringförmig, aber nicht mehr central (Fig. 100), weil der Mondmittelpunkt (für b östlich, für b'' westlich ꝛc.) vom Sonnenmittelpunkt entfernt ist. Der noch sichtbare Sonnenring ist hier nicht mehr überall gleich breit. — Für Orte endlich zwischen b b' b'' . . . b und d d' d'' . . . d ist die Finsterniß auch nicht mehr ringförmig, sondern hat das Aussehen wie Fig. 96. Für den übrigen Theil der Erde findet keine Finsterniß statt.

Alle die eben beschriebenen Erscheinungen finden für einen bestimmten Ort auf der Erde aber nur einen Augenblick statt, weil nicht blos Sonne sowohl als Mond in ihren Bahnen stetig weiter gehen, sondern auch der Himmel sich zugleich mit Sonne und Mond um die Erde in 24 Stunden dreht.

---

*) Centrum heißt der Mittelpunkt.

Den Einfluß, den diese Lagenveränderung hervorbringt, übersehen wir im Allgemeinen so: Berücksichtigen wir vorerst blos den Fortschritt von Sonne und Mond in ihren Bahnen, der in den Fig. 95, 97, 98 in der Richtung des Pfeils (von West nach Ost) vor sich geht, wobei aber der Mond ungleich *schneller* vorrückt, so ergiebt sich leicht, daß der Mondschatten auch von West nach Osten über die Erde wegziehen muß. Wir können uns vorstellen, Sonne und Erde ständen still und der Mond bewegte sich nur mit dem Ueberschuß seiner Geschwindigkeit in seiner Bahn über die der Sonne. So gelangt z. B. die Kernschattenspitze des Mondes nach und nach in die Punkte **1**, **12**, **3**, . . . (Fig. **101**), so daß also in den westlicher liegenden Orten der Erde alle Erscheinungen einer Sonnenfinsterniß früher eintreten, als an weiter nach Osten gelegenen. Für einen bestimmten Ort auf der Erde, z. B. **12** in Deutschland, würde aber die Sonnenfinsterniß so verlaufen: zuerst würde die bedeckende Mondscheibe auf der *westlichen* Seite der Sonne eintreten, sich immer weiter über dieselbe verbreiten, um endlich am östlichen Rande wieder auszutreten. Ginge dabei der Mondmittelpunkt genau vor dem Sonnenmittelpunkt vorüber, so würde die Finsterniß aus einer partialen in eine centrale, — diese entweder ringförmig oder total, je nachdem der scheinbare Monddurchmesser kleiner oder größer als der der Sonne ist, — und dann wieder in eine partiale übergehen, wie man das noch genauer durch Vorschieben einer schwarzen (kleineren, gleichen oder größeren) Scheibe über einer weißen sich entwickeln sieht. Die Dauer der ganzen Erscheinung würde etwa 2 Stunden betragen, weil sie von der Lage des Mondes in m bis zu m′ (Fig. **102**) währte; die Entfernung von m bis m′ wäre nämlich gleich Sonnen- und Monddurchmesser zusammen, von denen jeder etwa $^1/_2{}^0$ beträgt, zu dessen Durchwanderung der Mond **1** Stunde bedarf.

(405.)

Berücksichtigen wir aber jetzt auch die tägliche Umdrehung des Himmels, so wird die Sache bedeutend verwickelter. Sei (Fig. **103**) AmQn die Ebene des Himmelsäquators, mbnd die Mondbahn, die gegen die erstere im Durchschnitt etwa 23^0 geneigt ist, m der Mond, der sich gerade im Aequator befinden möge — wo nicht, so würden wir statt der Aequatorebene die Ebene des Parallelkreises zu nehmen haben, in der der Mond gerade steht. — Die Axe des Mondschattens falle auf den Punkt **12** im Aequator a **12**. q der Erde; die Sonne S in der verlängerten **12**. m . . . . stehe also auch im Aequator, weßhalb wir uns in den **21**. März oder **23**. September versetzen. Während nun der Mond in seiner Bahn in der Richtung des Pfeiles von m nach b fortschreitet, durchwandert die Axe seines Schattens die Linie e **12** c′ auf der Erde, in welcher letztere nämlich von der Ebene der Mondbahn geschnitten wird; die Schattenaxe wird also, wenn auch nicht genau, doch im Allgemeinen in der Richtung von West nach Ost über die Erde hinziehen, wie das schon bei Fig. **101**, wo der Kreis

um E gerade diesen Durchschnitt der Erdoberfläche, wie e 12 c' (Fig. 103), vorstellte, angemerkt worden.

(406.)

Während aber die Schattenaxe durch die Bewegung des Mondes allein von 12 nach c' geführt würde, geht der Mond, von der täglichen Bewegung des ganzen Himmels mit fortgerissen, in der Richtung des Aequators oder der Parallelkreise von m nach A, von Ost nach West fort, wodurch der reine Weg 12 c' seiner Schattenaxe modificirt werden wird.

(407.)

Um dies deutlicher einzusehen, zeichnen wir uns die Erde aus Fig. 103 in Fig. 104 in etwas größerem Maßstabe. Sei darin wieder 12 der Punkt, in welchen die Schattenaxe zu einer bestimmten Stunde, z. B. Mittags 12 Uhr, trifft, so würde nach einer Stunde diese Schattenaxe nach x' gelangen, wenn der ganze Himmel sich nicht drehte. — Vermöge dieser Drehung aber würde der Mond um 1 Uhr sich etwa in m' (Fig. 103) (15^0 weiter nach Westen zu) befinden. Hierdurch würde zugleich die ganze Mondbahn, die ja am Himmelsgewölbe fest ist, mit in die Lage gekommen sein, daß sie die Aequatorebene in m' durchschnitte, so daß ihr Durchschnitt auf der Erde (Fig. 104) mit dem Erdäquator auch 15^0 westlich, etwa in 1, läge. — Hätte sich also der Mond in seiner Bahn nicht bewegt, sondern blos an der täglichen Umdrehung des Himmels Theil genommen, so wäre die Schattenaxe vom Punkt 12 nach 1 gerückt; denken wir aber jetzt beide Bewegungen des Mondes — die in seiner Bahn und die mit dem Himmel — zugleich vorgegangen, so wird um 1 Uhr die Schattenaxe in x treffen, welchen Punkt wir finden, wenn wir die Linie e 12 C' so legen, daß sie den Erdäquator im Punkte 1 (15^0 westlich von 12) schneidet, und dann auf dieser neuen um 1 Uhr statthabenden Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Erde von 1 aus um ein Stück gleich 12 x' weiter gehen, um welches nämlich die Schattenaxe während einer Stunde in der Linie e 12 C', mag diese fest oder selbst beweglich sein, fortgeschritten ist. — Auf ähnliche Weise können wir auch den Punkt y, den Ort der Schattenaxe um 2 Uhr Nachmittags, bestimmen, wenn wir die Linie e C' so legen, daß sie durch 2 geht, und dann auf ihr um ein Stück gleich 12 y' weiter gehen.

Auf diese Art ergiebt sich der wirkliche Weg der Schattenaxe 0. 12. xyzc, wobei es natürlich genau auf das Verhältniß der Stücke 12x', x' y' u. s. w. gegen 12. 1; 1. 2 ꝛc. ankommt. Das in der Figur angenommene wird nicht allzusehr von der Wahrheit abweichen, indem sich aus Fig. 101, wäre diese in richtigem Verhältniß gezeichnet, ergeben würde, daß die Mondschattenaxe von der Lage, wo sie durch den Mittelpunkt der Erde geht, bis zu der, wo sie die Erde noch eben im Punkt c' berührt, um sie dann ganz zu verlassen, etwa

4 Stunden, während welcher der Mond etwa 2^0 in seiner Bahn fortrückt, gebraucht, so daß sie also dann von der Erde abgleiten würde, wenn e C' (Fig. 104) in die Lage gekommen, wo sie die a q in 4 durchschneidet.

(408.)

Für einen Beobachter im Punkt 12 auf der Erde geht also die Schattenaxe von Vormittags 11 bis Mittags 1 Uhr von 0 bis x; er wird also ganz die Erscheinung haben, die (403) beschrieben wurde, er wird nämlich (vergl. Fig. 101) den Mond an einem Punkte des westlichen Randes der Sonne eintreten sehen, die partiale Finsterniß wird immer größer und größer werden, bis sie 12 Uhr Mittags central geworden, — dann wird sie abnehmen, bis der Mond an einem Punkte des östlichen Randes die Sonne wieder verläßt.

(409.)

Wenn meine Leser dem Bisherigen vielleicht nicht ohne alle Mühe gefolgt sind, wobei indessen noch eine Menge modificirender Nebenumstände unberücksichtigt geblieben sind, so werden sie es natürlich finden, daß wir Laien die haarscharfe Bestimmung der Erscheinungen einer Sonnenfinsterniß für die verschiedenen Orte der Erde billig den Astronomen überlassen. — Es möge uns genügen, wenigstens eine Ahnung der Schwierigkeiten zu haben, die dabei zu überwinden sind, aber auch die Möglichkeit eingesehen zu haben, vorher zu bestimmen, an welchem Tage eine Sonnenfinsterniß eintreten, wann sie dabei für die verschiedenen Orte anfangen und endigen, wo sie central, wo sie nur partial, oder wo sie endlich gar nicht sichtbar sein wird, weil alle dazu nöthigen Data, als Lage der Mond- und Sonnenbahn, Bewegung von Sonne und Mond, mithin Zeit des Vorübergangs des letztern vor der Sonne, Umdrehung des Himmels, Größe des Mondschattendurchschnitts mit der Erde u. s. w., bekannt sind.

Beleuchtung bei Sonnenfinsternissen.

410.

So lange die Finsterniß nur partial ist, also wenigstens immer noch directes Licht auf die Erde fällt, vermindert sich die Tageshelle nur ganz unbedeutend. Auffallend dagegen ist die Dunkelheit, die bei einer totalen Finsterniß plötzlich eintritt, sobald der Mond die ganze Sonnenscheibe verdeckt. Indessen erreicht diese doch niemals die vollständige Nacht. Bei einer ringförmigen Finsterniß (7. Sept. 1820) — erzählt ein Beobachter — habe sich ein mattes, trauriges Licht über alle Gegenstände verbreitet, und eine Empfindung hervorgebracht, derjenigen ähnlich, die man hat, wenn man zum ersten Male durch grüne Brillen sieht. Bei einer totalen Finsterniß aber (12. Mai 1706) „konnte einer den andern nur mit Mühe erkennen. Die Nachtvögel kamen hervor, das Gefieder zog sich zurück, obgleich es erst halb zehn

Uhr Vormittags war." — „Man kann eine Finsterniß recht eigentlich herannahen sehen, indem man die westwärts liegenden Gegenstände schon im Dunkel erblickt, während man selbst noch im vollen Sonnenlichte sich befindet."

Mondfinsterniß.

411.

Gehen wir jetzt zu dem Schatten der Erde über. Die Axe des Erdschattenkegels liegt begreiflich immer in der Ebene der Ekliptik. Wenn daher ein Himmelskörper, wie der Mond, bei seinem Umlauf die Ekliptik durchschneidet, so wird es kommen können, daß er sich in den Erdschattenraum eintaucht und dadurch ganz oder theilweise des directen Sonnenlichts beraubt wird, eine Erscheinung, die wir Mondfinsterniß nennen. Untersuchen wir jetzt die näheren Bedingungen, die zu dem Eintreten einer solchen erforderlich sind. Zunächst sehen wir sogleich, daß nur beim Vollmond der Erdschatten nach dem Monde zu gerichtet sein wird, und daß nur das Eintreten des Mondes in den Kernschatten der Erde eine dunkle Schattenfigur auf demselben erzeugen wird, weil der Mond im Halbschatten immer noch wenigstens von einem Theil der Sonne erleuchtet wird, wobei, wie wir von den Sonnenfinsternissen her wissen, die Beleuchtung nur unmerklich verliert. Soll also eine Mondfinsterniß eintreten, so muß bei einem Vollmond der Mond der Ekliptik so nahe stehen, daß sein Mittelpunkt von derselben oder der Erdschattenaxe nicht weiter entfernt ist, als der scheinbare Mondhalbmesser und der Halbmesser des Erdkernschattens beim Monde zusammengenommen. Steht der Mond gerade so viel nördlich oder südlich von der Ekliptik, so wird er vom Erdkernschatten eben noch berührt werden; ist er aber weiter entfernt, so wird er unverfinstert über oder unter dem Erdschatten vorübergehen. Aus einer im richtigen Verhältniß der Größe und Entfernung der 3 Himmelskörper, Sonne, Erde, Mond, gezeichneten Figur würden wir aber bald erkennen, daß der Halbmesser des Erdschattens beim Monde durchschnittlich *) etwa 3mal so groß ist, als der Mondhalbmesser, — und da letzterer circa 15′ scheinbare Breite hat, mithin beide zusammen etwa 60′, so darf die scheinbare Entfernung des Mondmittelpunkts von der Ekliptik höchstens einen Grad betragen, soll der Mond noch eben den Erdkernschatten berühren; oder nach (385) darf der Mond nicht weiter als etwa 12^0 von einem seiner Knoten abstehen, wenn eine Mondfinsterniß eintreten soll.

412.

Diese wird dann von der Erde aus gesehen folgende Erschei-

*) Wegen der veränderlichen Entfernung von Sonne und Mond von der Erde ist auch begreiflich diese Dicke des Erdschattens beim Monde zu verschiedenen Zeiten etwas veränderlich.

nungen darbieten: Sei (Fig. 105) E die Erde, rks der Kernschatten derselben, m m' die Mondbahn, welche der Mond in der Richtung des Pfeils durchwandert. Denken wir wieder die Sonne stillstehend während der Dauer der Mondfinsterniß, so wird der Mond noch mit dem Ueberschuß seiner Bahnbewegung über die der Sonne von m nach m' gehen. Die tägliche Bewegung der ganzen Himmelssphäre hat aber auf die Lage der Sonne, des Erdschattens *) und des Mondes gar keinen Einfluß. — Wir brauchen uns nur den Kreis E aus der Figur ausgeschnitten zu denken, diesen fest zu machen und dann die ganze übrige Figur um ihn beliebig herumzudrehen, um uns zu überzeugen, daß die Lage von Mond und Erdschatten dadurch nicht gestört wird.

Durchwandert also der Mond den Erdschatten von West nach Ost, so wird es aussehen, wenn seine Scheibe nach und nach in die Lage 1, 2, 3 kommt, als verbreite sich vom östlichen, in seiner Bahn vorangehenden, Rande desselben ein dunkler Schleier über ihn, der ihn nach und nach ganz bedeckt, bis er ihn endlich (in der Lage 3) auf der westlichen Seite wieder verläßt. Für einen Beobachter aber, der blos seine tägliche Bewegung über dem Horizont berücksichtigt, hat es den Anschein, als werde der Mond von jenem verdunkelnden Schleier verfolgt und endlich gar überholt. — Geht der Mond, wenn er gerade im Knoten sich befindet, central durch den Erdschatten, so kann er fast 3 Stunden ganz verfinstert bleiben, weil er sich alle Stunden so weit fortbewegt, als sein Durchmesser beträgt. In den meisten Fällen aber durchwandert er den Erdschatten mehr oben oder unten, wo dieser nicht so breit ist, daher die Verfinsterung kürzer währt.

Beweis für die Kugelgestalt der Erde.

413.

Ist der Mond (wie z. B. in 1 Fig. 106) nur zum Theil verfinstert, so erscheint die Schattengrenze, — die wegen des Halbschattens freilich nicht ganz scharf aussieht, — auf der scheinbaren Mondscheibe, die senkrecht zu der Kernschattenaxe steht, vollkommen kreisförmig abgeschnitten, und da dies bei allen beobachteten Mondfinsternissen der Fall ist, bei denen die Erde von den verschiedensten Seiten beleuchtet wird, und die verschiedensten Ränder des Kernschattens auf dem Monde sich abzeichnen, so ist dies eine weitere vortreffliche Bestätigung der Kugelgestalt der Erde, weil nur eine Kugel in allen möglichen Lagen kreisrunde Schattenfiguren erzeugen kann.

Farbe des verfinsterten Mondes.

414.

Liegt der Mond ganz im Schatten der Erde, so müßte er eigent=

*) Wegen der Kugelgestalt der Erde.

lich ganz schwarz aussehen, d. h. von dem dunkeln Raum ringsum nicht unterscheidbar, also unsichtbar sein. Gewöhnlich sieht man ihn aber doch mit einem matten röthlich-schwarzen Schimmer erleuchtet, was man ebenso wie die nicht völlige Dunkelheit eines Schattens auf Papier sich erklären kann, indem theils andere Gestirne ihn noch matt beleuchten, theils auch einige Strahlen der Sonne bei ihrem Durchgang durch die Erdatmosphäre von ihrer geraden Bahn abgelenkt werden, und so, in den Schattenkegel eindringend, den Mond erreichen können.

Mittel zur Längenbestimmung.

415.

Da eine Mondfinsterniß in einer wirklichen Verdunkelung des Mondenlichts besteht, so muß der Anfang so wie das Ende derselben und überhaupt alle einzelnen dabei vorgehenden Erscheinungen für alle Orte der Erde, an welchen der Mond überhaupt sichtbar ist, in einem und demselben Augenblick gesehen werden; in diesem Augenblick werden aber die Orte verschiedener geographischer Länge verschiedene Uhrzeiten haben, wie es ihrem Längenunterschied gemäß ist. — Umgekehrt dient daher der Anfang oder das Ende einer Mondfinsterniß z. B. wie ein großartiges (Pulver-) Signal (216) zur Bestimmung des Längenunterschiedes aller der Orte, von denen er beobachtet werden kann.

416.

Daß bei der bekannten Bewegung von Sonne und Mond auch die Mondfinsternisse genau vorher bestimmt werden können, und daß dies im Allgemeinen noch weit einfacher geschehen könne, als bei einer Sonnenfinsterniß, sehen wir leicht ein, denn dort macht der verschiedene *scheinbare* Ort des Mondes vor oder neben der Sonnenscheibe für die verschiedenen Punkte der Erde eigentlich so viele Sonnenfinsterniß-Bestimmungen nöthig, als es Punkte auf der Erde giebt.

Vergleichung zwischen Sonnen- und Mondfinsterniß.

417.

Da eine Sonnenfinsterniß schon eintritt, wenn der Mond weniger als 18°, eine Mondfinsterniß aber erst, wenn er weniger als 12° von einem seiner Knoten entfernt ist, so ist es klar, daß Sonnenfinsternisse sich überhaupt öfter ereignen werden, als Mondfinsternisse, — und wirklich kann man durch Verfolgen der Mond- und Sonnenbewegung finden, daß in einem Zeitraume von etwa 18 Jahren 41 Sonnenfinsternisse, aber nur 29 Mondfinsternisse vorkommen. Da aber eine Sonnenfinsterniß immer nur auf einem verhältnißmäßig kleinen Theil der Erde stattfindet, so bekommt ein bestimmter Ort im Ganzen doch weniger Sonnenfinsternisse zu sehen, daher denn die Sonnenfinsternisse zu den seltenern Erscheinungen gehören. Ebenso muß natürlich ein bestimmter

Ort auch die Beobachtung aller der Mond- und Sonnenfinsterniſſe entbehren, die zu einer Zeit verlaufen, wo ihm die Sonne oder der Mond unter dem Horizont ſteht.

Periodiſche Wiederkehr der Finſterniſſe.

418.

Nach 18 Jahren und etwa 11 Tagen kehren die Finſterniſſe ziemlich genau in derſelben Ordnung wieder. Denn ſtanden an einem gewiſſen Tag Sonne S, Mondknoten k und Mond m (Fig. 107) mit der Erde E in gerader Linie, ſo daß alſo an demſelben Tage eine centrale Sonnenfinſterniß ſtattfand, ſo befindet ſich der Mondknoten nach 18 Jahren 11 Tagen, während welcher er in der Richtung des Pfeils 349° zurücklegte, in k' noch 11° öſtlich von k, die Sonne aber, die nach 18 tropiſchen Jahren auch wieder in S ſteht, iſt in 11 Tagen etwa 11° öſtlich von S nach S' gerückt, der Mond aber befindet ſich nach dieſer Zeit (223 ſynodiſchen Monaten) wieder als Neumond in m', alſo zugleich in ſeinem Knoten, ſo daß alſo jetzt wieder eine centrale Sonnenfinſterniß ſich ereignen wird wie vor 18 Jahren und 11 Tagen. — Dieſe Periode heißt die Halleyſche, und dient, wenn auch nicht alles haarſcharf zutrifft, doch ungefähr zur Vorausbeſtimmung der Finſterniſſe, wenn nur dieſe während eines ſolchen Zeitraums genau aufgezeichnet waren.

Den Sonnenfinſterniſſen analoge Erſcheinungen.

419.

Uebrigens ſind den Sonnenfinſterniſſen analoge Erſcheinungen, bei welchen ein undurchſichtiger Körper, wie der Mond, den leuchtenden eine Zeitlang ganz oder theilweiſe einem Beobachter verdeckt, gar nicht ſo ſelten. Denn außerdem daß jede vorüberziehende Wolke, ein Vogel, oder der Maſtkorb eines vorbeiſegelnden Schiffes ꝛc., die gerade zwiſchen Sonne und Auge gerathen, eine Sonnenfinſterniß erzeugen, ſind die ſogenannten Sternbedeckungen durch den Mond Erſcheinungen ganz ähnlicher Art, nur daß, wenn der Mond einen ſolchen Fixſtern erreicht, er dieſen auch augenblicklich ganz verdeckt, weil der ſcheinbare Durchmeſſer ſelbſt der Sterne erſter Größe noch keine halbe Secunde beträgt. — Sehr gut läßt ſich der Anfang einer ſolchen Fixſternfinſterniß in den Abendſtunden beobachten, wenn der Mond zwiſchen Neumond und erſtem Viertel nur als ſchmale Sichel erſcheint und den Glanz des Sternes nicht verdunkelt. Ueberraſchend, und bei einem hellen Stern, wie z. B. Regulus, faſt erſchreckend, iſt es da, daß der Stern ſo plötzlich gleichſam mitten in der Luft erliſcht, wenn er hinter den dunkeln und deshalb unſichtbaren Theil des Mondes tritt, weil man wohl unwillkürlich erwartet, ihn noch bis an die hohle Seite der Mondſichel wandern zu ſehen.

Kalender.

Bürgerliches Jahr.

(420.)

Wir haben oben (368) drei verschiedene Jahre kennen gelernt, das siderische, tropische und anomalistische. Nach welchem dieser drei verschiedenen Jahre richten wir uns denn nun im gemeinen Leben und in unserer Zeitrechnung? Nähmen wir das siderische, so würden unsere Jahreszeiten im Laufe der Jahrtausende auf ganz andere Tage und Monate fallen, wie wir dies blos am Frühlingspunkt, nach dem sich der Frühlingsanfang und somit auch die übrigen Jahreszeiten richten, nachsehen können. Rechneten wir nämlich von diesem Jahre an, in welchem Frühlingsanfang oder Frühlingstag- und Nachtgleiche auf den 21. März fiel, in's künftige nach siderischen Jahren, so würde nach ungefähr 700 solcher Jahre der Frühlingsnachtgleichepunkt um 700 mal 20 Minuten 22 Secunden in Zeit oder nahe 10 Tagen zurückgegangen sein. — Genau also nach 700 Jahren vom 21. März dieses Jahres, wo man also wieder den 21. März anno 2544 schreibt, würde die Sonne schon seit 10 Tagen den Frühlingsnachtgleichepunkt passirt haben, alle Jahreszeiten in jenem Jahre also 10 Tage früher begonnen haben, der Frühling am 11. März, der Sommer am 11. Juni u. s. w., und nach 7000 Jahren würden sich unsere Nachkommen sehr wundern, daß man anno 1844 Anfangs April die ersten Frühlingsboten begrüßt habe, weil sie dann im April die Hundstage haben.

Noch schlimmer würde es mit dieser Verrückung der wirklichen Jahreszeiten auf andere Monate aussehen, nähmen wir das anomalistische Jahr, denn dann fiele der Frühlingsanfang alle Jahre um 25 Minuten früher, also nach 58 Jahren schon auf den vorhergehenden Datum. Soll also Frühlingsanfang nicht im Laufe der Zeiten durch alle Data des Jahres wandern, so müssen wir das tropische Jahr zum bürgerlichen und also auch geschichtlichen erwählen.

(421.)

Weil aber das tropische Jahr nicht genau 365 mittlere Sonnentage, sondern fast 6 Stunden mehr enthält, so würde daraus eine andere Inconvenienz für das bürgerliche Leben entspringen. — Begann nämlich das Jahr 1841 z. B. mit dem 1. Januar Nachts 12 Uhr 0′ 0″, so müßte das folgende erst dann anfangen, wenn wir nach unserer jetzigen Art zu zählen am 1. Januar 1842 5 Uhr 48 Minuten 50 Secunden Morgens haben. Der letzte December würde also entweder um fast 6 Stunden länger gerechnet werden müssen, oder man müßte diese Stunden als ein namenloses Einschiebsel „zwischen den Jahren" stehen lassen. — Fatal wäre es aber immer, wenn nun das folgende Jahr jeden Tag, statt um Mitternacht zu beginnen, des Morgens anfinge und unsere Uhren dann 12 Uhr schlügen, wo wir das vorhergehende Jahr gewohnt waren zu sagen, es ist $^3/_4$ auf 6 vorbei; das dann folgende Jahr aber müßten wir uns wieder anders

gewöhnen, dann begönne jeder Tag 2mal 5 Stunden 48′ 50″ oder 11 St. 37′ 40″ nach Mitternacht, einen Augenblick, den wir im ersten Jahr uns gewöhnt hatten Vormittags zwischen halb und $^3/_4$ auf 12 zu nennen, u. s. f.

Schaltjahre. Gregorianischer, Julianischer Kalender.

(422.)

Um diesen Fatalitäten zu entgehen, rechnet man ein bürgerliches Jahr rundweg zu 365 Tagen, und schaltet die vernachlässigten 5 St. 48′ 50″ erst in jedem vierten Jahre, wo sie zusammen fast einen Tag ausmachen, zusammen ein, so daß dann jedes vierte Jahr ein sogenanntes Schaltjahr zu 366 Tagen wird. — Dadurch hat man aber wieder in 4 Jahren 4mal 11 Minuten 10 Sec. zu viel eingeschaltet, deshalb müssen, da diese 11 Min. 10 Sec. in 400 Jahren sich zu fast 3 vollen Tagen summiren, alle 400 Jahre 3 Schaltjahre ausgelassen werden.

Papst Gregor XIII. richtete daher (1582) den Kalender so ein, daß jedes vierte Jahr, und zwar allemal die Jahre, deren Jahreszahl durch 4 ohne Rest theilbar ist, z. B. 1836, 1840, 1844 u. s. w. Schaltjahre seien, weil aber in 400 Jahren 3 ausfallen mußten, daß allemal 3 auf einander folgende Secularjahre (deren Jahreszahl sich mit 2 Nullen endigt) keine Schaltjahre, und nur allemal das vierte der Secularjahre (die nach obiger Regel eigentlich alle Schaltjahre sein sollten) auch wirklich eines sei. So ist 1700, 1800 kein Schaltjahr gewesen, auch 1900 wird keines sein, während 2000, 2400, 2800, 3200 ꝛc. im Besitze ihres Schalttages ungestört bleiben sollen. — Der Fehler, der hierbei begangen wird, beträgt erst in 3600 Jahren einen Tag, daher unser jetziger Gregorianischer Kalender für die nächsten tausend Jahre dem wahren Sonnenlauf sich hinlänglich genau anschließt.

Schon 46 vor Chr. hatte Julius Cäsar den Kalender, der vor ihm in arger Verwirrung war, regulirt, und ihm im Wesentlichen unsere Gregorianische Einrichtung gegeben, nur ließ er in 400 Jahren die 3 Schaltjahre nicht aus. Daher sind denn nach seinem, dem Julianischen Kalender, jetzt seit 1800 Jahren 13 Schalttage zu viel eingeschaltet worden, weßhalb die Julianischen Data jetzt 13 Tage hinter den Gregorianischen zurück sind. In Rußland, wo man noch den Julianischen hat, schreibt man also, nach sogenanntem alten Styl, erst den 18. December, wenn wir den 1. Januar haben.

Osterfest; Epakten; güldene Zahl.

(423.)

Da unser Osterfest nicht, wie z. B. Weihnachten, an einen bestimmten Monatstag gebunden, sondern nach einer Bestimmung der Kirchenversammlung zu Nicäa (im Jahr 325) an dem ersten Sonntage gefeiert werden sollte, der nach dem ersten Vollmond nach der Frühlingsnachtgleiche (21. März) eintrete, so war es zu der Bestim-

mung des Datums, auf welchen in künftigen Jahren Ostern fiele, wichtig, für irgend einen Tag in jedem Jahre irgend eine Mondphase zu kennen, um danach dann weiter zählen zu können bis zu dem bestimmenden Vollmond. Deshalb führte man in die Kalenderrechnung die sogenannten Epakten ein, d. h. Zahlen, welche für den ersten Januar eines jeden Jahres das Mondsalter angeben, oder anzeigen, um wie viel Tage der letzte Neumond des vorigen Jahres vor dem Anfang des Jahres eingetreten ist. Da 12 Mondwechsel oder synodische Monate etwa $354\frac{1}{4}$ Tage, also 11 Tage weniger betragen als ein Jahr, so nimmt die Epakte alle Jahr um 11 zu. Ist z. B. in einem gewissen Jahr, — wie 1824 — die Epakte 0, fiel also Neumond auf den 1. Januar, so fällt der letzte Neumond in diesem Jahre auf den 21. Dec., die Epakte des Jahres 1825 ist also 11; der letzte Neumond 1825 fiel daher auf den 10. Dec., also die Epakte für 1826 war 22; — Anno 1826 aber fand der letzte Neumond den 29. Dec. statt, daher für 1827 die Epakte: 3, weil die Epakte natürlich nicht größer werden kann, als 29.

Da man aber fand, daß 19 Jahre ziemlich genau eine volle Anzahl (nämlich 235) Mondwechsel oder synodische Monate enthalten, daß also alle 19 Jahre der Neumond wieder auf denselben Monatstag fällt, so nannte man einen solchen Cyclus von 19 Jahren den Mondscirkel, die Zahl aber, welche angiebt, das wievielte Jahr ein gewisses Jahr in diesem Mondscirkel ist, die güldene Zahl. Alle Jahre also, die dieselbe güldene Zahl haben, haben auch dieselbe Epakte; daher gilt folgende Zusammenstellung:

Jahreszahl des Mondcirkels oder güldene Zahl.	Epakte.	Güldene Zahl.	Epakte.	Güldene Zahl.	Epakte.
1	0	7	6	13	12
2	11	8	17	14	23
3	22	9	28	15	4
4	3	10	9	16	15
5	14	11	20	17	26
6	25	12	1	18	7
				19	18

Um nun zu erfahren, welche güldene Zahl ein fragliches Jahr habe, oder das wievielte eines Mondcirkels es sei, braucht man wieder blos die güldene Zahl eines einzigen zu wissen, weil man dann leicht weiter zählen kann; so war z. B. 1824, das die Epakte 0 hatte, das erste eines Mondcirkels, und 1841 also das 18te, während 1843 das erste des neuen (98sten) Mondcirkels seit Christi Geburt war. *)

*) Da das Jahr 1 vor unserer Zeitrechnung das 1ste des 1sten Mondcirkels war (weil es die Epakte 0 hatte), so findet man die güldene Zahl und die verflossenen Mondcirkel für ein gewisses Jahr, z. B. 1844, wenn man 1844+1 durch 19 dividirt; der Quotient giebt die verflossenen Mondcirkel, der Rest die güldene Zahl im neuen.

Sonnencirkel.

(424.)

Noch finden wir in einigen Kalendern angegeben, das wievielte Jahr des sogenannten Sonnencirkels das fragliche Jahr sei. Damit hat es folgende Bewandtniß: Da 52 Wochen 364 Tage sind, so würde, wenn z. B. in einem gewissen Jahre der 1. Januar ein Sonntag ist, auch der letzte December ein Sonntag sein, im folgenden Jahre wäre also der 1. Januar ein Montag, und so würde es weiter gehen, das 3te Jahr mit einem Dienstag beginnen, bis das 8te Jahr endlich wie das erste mit einem Sonntage anfinge und alle Wochentage wieder auf denselben Datum fielen; da aber alle 4 Jahre ein Schaltjahr von 366 Tagen ist, — so werden erst im 29. Jahr, wie man leicht nachzählen kann, mit dem ersten wieder ganz dieselben Wochentage auf alle Monatstage fallen. Eine solche Periode von 28 Jahren heißt der Sonnencirkel. Zum ersten Jahre desselben ist willkürlich das Schaltjahr angenommen worden, dessen 1. Januar ein Montag ist, ein solches war das Jahr 9 vor Christi Geburt. Da nun aber in dem Gregorianischen Kalender in unserm Jahrhundert alle Jahrestage eine um 12 größere Zahl erhalten haben, wenn also z. B. nach dem Julianischen Kalender im ersten Jahr eines Sonnencirkels (etwa 1840) der 1. Januar ein Montag war, man im Gregorianischen Kalender an diesem Montage schreibt, „heute Montag, den 13. Januar," der erste Januar des Gregorianischen Kalenders also ein Mittwoch gewesen sein muß, damit der 13. ein Montag sein konnte, — (oder: am Mittwoch den 20. Dec. 1839 nach dem Julianischen Kalender man im Gregorianischen schrieb: Mittwoch den 1. Januar 1840) — so ist jetzt in dem Schaltjahr, womit der Sonnencirkel beginnt, nach dem Gregorianischen Kalender der erste Januar ein Mittwoch, im 2. Jahr eines Sonnencirkels also 1. Januar ein Freitag (wie Anno 1841), im 3. Jahr ein Sonnabend u. s. w., so daß man hat:

Jahr des Sonnencirkels.	1. Jan.	Jahr des Sonnencirkels.	1. Jan.	Jahr des Sonnencirkels.	1. Jan.	Jahr des Sonnencirkels.	1. Jan.
*1	Mittw.	8	Freit.	15	Sonnt.	22	Dienst.
2	Freit.	*9	Sonn.	16	Mont.	23	Mittw.
3	Sonn.	10	Mont.	*17	Dienst.	24	Donn.
4	Sonnt.	11	Dienst.	18	Donn.	*25	Freit.
*5	Mont.	12	Mittw.	19	Freit.	26	Sonnt.
6	Mittw.	*13	Donn.	20	Sonn.	27	Mont.
7	Donn.	14	Sonn.	*21	Sonnt.	28	Dienst.

Nach den (mit * bezeichneten) Schaltjahren, in welchen der 30. December denselben Wochentag hat wie der 1. Januar, während in gewöhnlichen Jahren dies der 31. Dec. ist — rückt der Wochentag um 2 weiter.

Will man aber wissen, das wievielte Jahr eines Sonnencirkels ein fragliches Jahr, z. B. 1841, ist, so braucht man wieder nur 9 zu

der Jahreszahl zu addiren, und mit 28 zu dividiren; der Quotient giebt die Anzahl der ganzen verflossenen Sonnencirkel, der Rest das Jahr im neuen. — So ist also 1841 das 2. Jahr des 67. Sonnencirkels. Ein Blick in das Täfelchen lehrt dann sogleich den Wochentag des 1. Januar in dem fraglichen Jahr kennen.

(425.)

Machen wir uns nun eine Tabelle, in welcher wir hinter die 365 (oder für ein Schaltjahr 366) Tage des Jahres nach der Reihe die 7 Buchstaben A, B, C, D, E, F, G, A, B .... ꝛc. schreiben, so haben alle mit A bezeichneten Tage denselben Wochentagsnamen wie der erste Januar, so daß man dann leicht für irgend ein beliebiges Jahr den Wochentagsnamen eines bestimmten Monatstages finden kann.

Datum.	Jan.	Feb.		Mrz.		Apr.		Mai.		Jun.		Jul.		Aug.		Sept.		Oct.		Nov.		Dec.	
		gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.	gew. J.	Schalti.
1	A	D		D	E	G	A	B	C	E	F	G	A	C	D	F	G	A	B	D	E	F	G
2	B	E		E	F	A	B	C	D	F	G	A	B	D	E	G	A	B	C	E	F	G	A
3	C	F		F	G	B	C	D	E	G	A	B	C	E	F	A	B	C	D	F	G	A	B
4	D	G		G	A	C	D	E	F	A	B	C	D	F	G	B	C	D	E	G	A	B	C
5	E	A		A	B	D	E	F	G	B	C	D	E	G	A	C	D	E	F	A	B	C	D
6	F	B		B	C	E	F	G	A	C	D	E	F	A	B	D	E	F	G	B	C	D	E
7	G	C		C	D	F	G	A	B	D	E	F	G	B	C	E	F	G	A	C	D	E	F
8	A	D		D	E	G	A	B	C	E	F	G	A	C	D	F	G	A	B	D	E	F	G
9	B	E		E	F	A	B	C	D	F	G	A	B	D	E	G	A	B	C	E	F	G	A
10	C	F		F	G	B	C	D	E	G	A	B	C	E	F	A	B	C	D	F	G	A	B
11	D	G		G	A	C	D	E	F	A	B	C	D	F	G	B	C	D	E	G	A	B	C
12	E	A		A	B	D	E	F	G	B	C	D	E	G	A	C	D	E	F	A	B	C	D
13	F	B		B	C	E	F	G	A	C	D	E	F	A	B	D	E	F	G	B	C	D	E
14	G	C		C	D	F	G	A	B	D	E	F	G	B	C	E	F	G	A	C	D	E	F
15	A	D		D	E	G	A	B	C	E	F	G	A	C	D	F	G	A	B	D	E	F	G
16	B	E		E	F	A	B	C	D	F	G	A	B	D	E	G	A	B	C	E	F	G	A
17	C	F		F	G	B	C	D	E	G	A	B	C	E	F	A	B	C	D	F	G	A	B
18	D	G		G	A	C	D	E	F	A	B	C	D	F	G	B	C	D	E	G	A	B	C
19	E	A		A	B	D	E	F	G	B	C	D	E	G	A	C	D	E	F	A	B	C	D
20	F	B		B	C	E	F	G	A	C	D	E	F	A	B	D	E	F	G	B	C	D	E
21	G	C		C	D	F	G	A	B	D	E	F	G	B	C	E	F	G	A	C	D	E	F
22	A	D		D	E	G	A	B	C	E	F	G	A	C	D	F	G	A	B	D	E	F	G
23	B	E		E	F	A	B	C	D	F	G	A	B	D	E	G	A	B	C	E	F	G	A
24	C	F		F	G	B	C	D	E	G	A	B	C	E	F	A	B	C	D	F	G	A	B
25	D	G		G	A	C	D	E	F	A	B	C	D	F	G	B	C	D	E	G	A	B	C
26	E	A		A	B	D	E	F	G	B	C	D	E	G	A	C	D	E	F	A	B	C	D
27	F	B		B	C	E	F	G	A	C	D	E	F	A	B	D	E	F	G	B	C	D	E
28	G	C		C	D	F	G	A	B	D	E	F	G	B	C	E	F	G	A	C	D	E	F
29	A	D		D	E	G	A	B	C	E	F	G	A	C	D	F	G	A	B	D	E	F	G
30	B			E	F	A	B	C	D	F	G	A	B	D	E	G	A	B	C	E	F	G	A
31	C			F	G			D	E			B	C	E	F			C	D			A	B

Sonntagsbuchstabe.

(426.)

Gewöhnlich steht in den Kalendern der sogenannte Sonntagsbuchstabe für das laufende Jahr angegeben, d. h. der Buchstabe, welcher in dem laufenden Jahr neben allen Sonntagen steht. — Im Jahr **1841** z. B. war der **1.** Januar ein Freitag, also der **3**te ein Sonntag, daher C der Sonntagsbuchstabe und alle mit C bezeichneten Jahrestage sind Sonntage.

Führt man unsere Tabelle für ein Schaltjahr nicht besonders, so haben Schaltjahre **2** Sonntagsbuchstaben, von denen der eine vor, der andere nach dem **24.** Februar, der als Schalttag angesehen wird, gilt, so z. B. war für **1840** der **1.** Januar ein Mittwoch, der **5**te also ein Sonntag, der Sonntagsbuchstabe also E. — Es ist also namentlich der **23.** Februar, der **1.** März, **8.** März u. s. w. ein Sonntag, in der Tabelle für das gewöhnliche Jahr sind nun zwar alle Sonntage vor dem **24.** Februar mit E, die nach demselben aber wie **1**ste, **8**te März u. s. w. mit D bezeichnet, daher in den Kalendern, die blos eine Tabelle für das gewöhnliche Jahr voraussetzen, steht: Sonntagsbuchstabe für **1840**: E, D. Da es oft wünschenswerth ist zu wissen, welcher Wochentag ein gewisser Tag irgend eines Jahres gewesen sei, oder sein werde, so mögen meine Leser noch folgende Fragen lösen, um vertraut damit zu werden: Welcher Wochentag wird der **12.** Juli **1857** sein? — Da **1857** das **18**te des Sonnencirkels mit einem Donnerstag beginnt, der **9.** Juli also wieder Donnerstag ist, so fällt der **12**te auf einen Sonntag. Ebenso werden wir finden, daß der **24.** October **1860** ein Mittwoch sein wird, der **18.** Juni **1815** aber ein Sonntag, so wie der **29.** Mai **1832** ein Dienstag war.

Für Tage aus der Vergangenheit hat man einige Vorsicht nöthig. Es ist nämlich nicht in allen christlichen Ländern der gregorianische Kalender gleichzeitig eingeführt worden. In Italien, Spanien und Portugal wurde er sogleich angenommen. Auf den **4**ten October **1582** (Donnerstag) folgte der **15**te October (Freitag), der im julianischen Kalender ein Montag war. In Frankreich ließ man den **10**ten bis zum **19**ten December **1582** aus. In der Schweiz und den Niederlanden trat der verbesserte Kalender **1583**, in Polen **1586**, in Ungarn **1587** an die Stelle des früheren. Die protestantischen Stände in Deutschland nahmen ihn erst **1700** an, in welchem Jahre nach dem **18**ten Februar sogleich der **1**ste März geschrieben wurde. Noch später, **1752** folgte England, **1753** Schweden.

Indictionscirkel, julianische Periode.

(427.)

Noch ein anderer, für uns weniger interessanter Cyclus ist der sogenannte Indictionscirkel, ein Zeitraum von **15** Jahren, nach wel-

chem die römischen Kaiser die Steuern neu reguliren ließen. — Die Zahl, die angiebt, das wievielste eines solchen Cyclus ein fragliches Jahr sei, heißt die Römerzinszahl. — Das Jahr 3 vor Chr. war das erste eines Indictionscirkels.

Endlich findet man noch die julianische Periode, einen Zeitraum von 19×28×15 oder 7980 Jahren, nach welchen alle Jahre wieder dieselbe güldene Zahl, dieselbe Zahl des Sonnen und Indictionscirkels oder dieselben 3 chronologischen Kennzeichen erhalten. Das Jahr 1 unserer Zeitrechnung ist das 4714te der julianischen Periode. Als erstes wird das angenommen, das für alle 3 chronologischen Kennzeichen 1 hat.

Planeten.

Wirre Bahnen der Planeten.

428.

Wir haben bis jetzt nur Sonne und Mond als solche Himmelskörper kennen gelernt, die unter den Fixsternen ihren Ort verändern, und haben ihre Bahnen als regelmäßige, um die Erde gehende, Kreislinien erkannt. Schon in den frühesten Zeiten aber kannte man noch einige andere, wie Sterne leuchtende, Himmelskörper, die auch ihren Ort unter den Fixsternen schneller oder langsamer veränderten. Versuchte man aber ihre Bahnen, ähnlich wie die der Sonne und des Mondes, durch Verfolgen ihres Standes unter den Fixsternen und Aufzeichnen auf einem Himmelsglobus darzustellen, so fand man diese durchaus nicht so einfach, wie bei Sonne und Mond; es waren ganz unregelmäßige in vielfache Knoten verschlungene Linien, die niemals wieder auf dieselben Stellen des Himmels zurückkamen. Diese Himmelskörper wanderten gleichsam irr und unbestimmt, bald nach Ost, bald nach West, bald in nördlicher, bald in südlicher Richtung, wenn auch im Ganzen genommen von West nach Osten. Deshalb nannte man sie Irr- oder Wandelsterne, oder mit einem griechischen Worte Planeten.

Die Alten kannten deren 5, Mercur ☿, Venus ♀, Mars ♂, Jupiter ♃ und Saturn ♄. In neuerer Zeit sind aber durch Hülfe der Fernröhre noch fünf neue entdeckt worden, und zwar

Uranus	♅	im Jahre	1781	von	Herschel,
Ceres	⚳	„	„ 1801	„	Piazzi,
Pallas	⚴	„	„ 1802	„	Olbers,
Vesta	⚶	„	„ 1807	„	„
Juno	⚵	„	„ 1804	„	Harding.

Sie entfernen sich, mit Ausnahme der Pallas, niemals aus der etwa 20° breiten Zone nördlich und südlich von der Ekliptik, — dem Thierkreise oder Zodiakus.

Planetenörter auf die Sonne bezogen.

Mercur.

429.

Vergleichen wir aber eine geraume Zeit hindurch die Lage der Planeten zu der Sonne, so werden wir in ihren verwickelten Bahnen schon einige Regelmäßigkeit erkennen.

Mercur, der nur selten mit unbewaffneten Augen sichtbar ist, findet sich immer nur in der Nähe der Sonne; seine größte scheinbare Entfernung von ihr beträgt im Durchschnitt nur 23^0. Er ist daher nur in der Abenddämmerung kurz nach Untergang oder in der Morgendämmerung kurz vor Aufgang der Sonne bemerkbar, weil am hohen Tage das blendende Licht derselben ihn gänzlich übertäubt. In der Abenddämmerung erblickt man ihn mit guten Fernröhren zuweilen nahe am östlichen Rande der Sonne als eine kleine runde hellerleuchtete Scheibe von etwa 4″ scheinbarem Durchmesser. Dann entfernt er sich von der Sonne täglich mehr und mehr nach Osten zu bis zu etwa 23^0, um sich ihr darauf wieder zu nähern, bis er endlich von den Strahlen der zu nahen Sonne verdunkelt wird. — Nach einiger Zeit erblickt man ihn dann in der Morgendämmerung auf der Westseite der Sonne, wo er sich wieder bis zu seiner größten Digression nach Westen entfernt. Dann kehrt er wieder um, der Sonne entgegen, bis er wieder auf einige Tage unsichtbar wird, weil er der Sonne zu nahe steht, und dann in der Abenddämmerung wieder auf der östlichen Seite zum Vorschein kommt, um den ganzen Cyclus des Hin- und Hergangs um die Sonne von Neuem zu beginnen. Während dieser Periode hat sich sein scheinbarer Durchmesser stetig geändert (s. Fig. 108). Im Anfang seiner östlichen Digression war er am kleinsten, kaum 4 Secunden. Von da wächst er, so lang' er sich in der Abenddämmerung zeigt. Am größten, 11″, erscheint er kurz vor oder nach seinem Uebergang von der östlichen auf die westliche Seite der Sonne, wobei es zuweilen vorkommt, daß er, ähnlich wie der Mond bei einer Sonnenfinsterniß, als ein kleiner runder schwarzer Fleck von Ost nach West, also entgegengesetzt wie der Mond, auf der Sonnenscheibe herzuziehen scheint. Meistens freilich geht er über oder unter ihr weg. Während seiner westlichen Digression nimmt der scheinbare Durchmesser Mercurs wieder allmälig bis zu seinem kleinsten Werthe ab. — Während eines Hin- und Hergangs durchläuft er zugleich ähnliche Lichtgestalten, wie der Mond, nur in umgekehrter Ordnung. Der Vollmercur (2) mit dem kleinsten scheinbaren Durchmesser geht durch das erste Viertel (6) zum Neumercur (9), um auf der westlichen Seite alle Phasen vom Neumercur durch das letzte Viertel (12) zum Vollmercur zu durchlaufen.

430.

Verfolgen wir aber seinen Weg durch die Fixsterne während eines seiner Hin- und Hergänge um die Sonne — wobei wir nur auf seine östliche oder westliche Bewegung Rücksicht nehmen, ohne uns um seine Entfernung nördlich oder südlich zu kümmern, so bemerken wir, daß seine verschiedenen Abstände von der Sonne so hervorgebracht werden:

Als Vollmercur geht er mit größerer Geschwindigkeit nach Osten*) als die Sonne, daher sein Abstand von dieser wächst; seine Geschwindigkeit nimmt aber allmälig etwas ab, bis sie endlich bei einem Abstand von circa 22^0 der der Sonne gleich geworden, daher hier seine Entfernung von der Sonne am größten. Seine directe Bewegung wird nun kleiner, als die der Sonne, daher er dieser sich zu nähern scheint, weil die Sonne ihm näher kommt; ist er nur noch 18^0 von ihr entfernt, so scheint er ein Paar Tage unter den Fixsternen fast unbeweglich zu stehen, während er dabei der Sonne natürlich näher kommt, weil diese sich ihm nähert. — Dann aber fängt er an in entgegengesetzter, retrograder, Bewegung sich von Ost nach West zu bewegen, wobei er mit bedeutender Geschwindigkeit der Sonne näher rückt, theils weil seine retrograde Bewegung wirklich schneller ist, theils auch weil er hier der Sonne entgegengeht. Auf der westlichen Seite verhält sich die Sache ganz ähnlich, — er fährt in seiner, etwas langsamer und immer langsamer werdenden retrograden Bewegung fort, bis er sich in einem Abstand von wieder etwa 18^0 von der Sonne befindet, wo er wieder unter den Sternen still steht, während dabei sein Abstand von der Sonne, die ja am Himmel indeß nach Osten fortrückt, wächst; nun fängt er an sich langsam direct wieder nach Osten zu bewegen, aber mit kleinerer Geschwindigkeit, als die der Sonne ist, daher er sich noch immer von dieser entfernt. Ist aber seine directe Bewegung der der Sonne wieder gleich geworden, so hat sein Abstand von dieser den größten Werth erreicht, und jetzt nähert er sich wieder der Sonne, weil er schneller als diese geht, erreicht sie und durchläuft denselben Cyclus von Neuem. Die Dauer desselben ist im Durchschnitt etwa 116 Tage, von denen etwa 23 auf seine retrograde Bewegung kommen, während welcher er 13^0 am Himmel durchläuft. Bedeutet z. B. (Fig. 109) das links stehende Sternchen den Punkt, wo Mercur seine retrograde Bewegung beginnt, so steht die Sonne 18^0 westlich in S, — ist er nach 23 Tagen zu dem rechtsstehenden Sternchen gekommen, wo er wieder stille zu stehen scheint, um hiernach wieder direct zu gehen, so ist die Sonne 23^0 von S nach S′ gelangt. Das Sternchen rechts ist aber 18^0 westlich von S′.

---

*) Die Bewegung eines Planeten von West nach Ost, wie Sonne und Mond in ihrer Bahn gehen, heißt rechtläufig, direct, die von Ost nach West rückgängig oder retrograd.

Venus.

431.

Venus zeigt dem Mercur so ähnliche Erscheinungen, daß alles Gesagte mit einigen kleinen Abänderungen auch für sie gilt. Ihr größter Abstand von der Sonne ist 48°; die Dauer ihres Hin- und Hergangs etwa 584 Tage, ihrer retrograden Bewegung aber nur 42 Tage, der Bogen, den sie rückgängig durchläuft, 16°, und ihr Abstand von der Sonne, wenn sie beim Beginn und Ende ihrer Retrogradation unter den Sternen stille zu stehen scheint, 29°. Venus hat ein hellglänzendes, weißes Licht, ihr scheinbarer Durchmesser wächst von 10″ bis zu 65″, und sie ist außer Sonne und Mond das scheinbar größte Gestirn des Himmels. Weil sie blos in der Abend- und Morgendämmerung sichtbar ist, so heißt sie Morgen- oder Abendstern; die Alten nannten sie Lucifer, Lichtträgerin. Uebrigens hat auch Mercur volle Ansprüche auf den Namen Morgen- oder Abendstern.

Mars.

432.

Während Mercur und Venus nur immer in der Nähe der Sonne zu sehen sind, von welcher sie als an und für sich dunkle Kugeln, wie ihre Phasen zeigen, Licht erhalten, können sich die übrigen Planeten in allen möglichen Entfernungen östlich oder westlich von ihr befinden. — Stehen sie 180° von ihr, also ihr gegenüber, so sagt man, sie seien in „Opposition", während sie nahe bei ihr in demselben Stundenkreise verweilend in „Conjunction" stehen.

Vergleichen wir nun die verschiedenen Stellungen z. B. des Mars zur Sonne, so finden wir: von dem Augenblick der Conjunction an bewegen sich beide Gestirne in directer Bewegung, wobei aber die schnellere Sonne den Mars immer mehr und mehr hinter sich läßt, so daß, vergleichen wir blos Sonne und Mars, letzterer nach Westen zu sich von ihr zu entfernen scheint. Ist auf diese Weise Mars 137° nach Westen zu von der Sonne entfernt, so hat seine directe Bewegung bis zu 0 abgenommen; er scheint ein Paar Tage unter den Sternen festzustehen, wobei aber sein westlicher Abstand von der Sonne wegen der fortdauernden Bewegung der letztern fortfährt zu wachsen; darauf nimmt Mars eine retrograde Bewegung an, entfernt sich also noch immer weiter nach Westen von der Sonne, so daß sehr bald der Zeitpunkt eintritt, wo er in Opposition steht; die retrograde Bewegung dauert nun fort, bis Mars der Sonne so weit entgegen gekommen ist, daß er nach Osten zu von ihr noch 137° entfernt ist. Dann bleibt er wieder unter den Fixsternen scheinbar stille stehen, wobei sein östlicher Abstand von der Sonne natürlich abnimmt, — um nun wieder in directer Bewegung, aber langsamer als die Sonne fortzuschreiten, so daß er nach und nach von dieser immer mehr und mehr

eingeholt wird, bis zu einer nächsten Conjunction. Die ganze Dauer dieser Periode (synodische Umlaufszeit) ist 780 Tage. Nach etwa 354 Tagen steht er zum ersten Male still, dann dauert seine retrograde Bewegung 73 Tage; in die Mitte derselben fällt die Opposition. Vom zweiten Stillstand endlich bis zur Conjunction sind wieder etwa 354 Tage. Die Geschwindigkeit seiner Bewegung bleibt sich nicht immer gleich; in der Conjunction und Opposition geht er schneller als unmittelbar vor und nachher. Während der directen Bewegung ist seine Geschwindigkeit in der Conjunction, während der retrograden Bewegung in der Opposition, am größten. In letzterer aber geht er langsamer als in der Conjunction.

Jupiter.

433.

Ganz ähnliche Erscheinungen wie Mars zeigen nun auch noch die übrigen Planeten, nur daß die Zahlenwerthe derselben anders ausfallen. So hat man bei

Mars:	synod. Umlauf	780	Tage,	Retrogradation	73	Tage,	Stillstand	bei	137°	östl.	u.	westl.
Jupiter	= =	399	=	=	121	=	=	=	115°	=	=	=
Saturn	= =	378	=	=	139	=	=	=	109°	=	=	=
Uranus	= =	369	=	=	151	=	=	=	103°	=	=	=

Jupiter, in Bezug auf seine scheinbare Größe gleich nach der Venus folgend, an seinem ruhigen gelblichen Licht leicht kenntlich, wird stets von 4 kleinen Sternchen, die nur durch Fernröhre gesehen werden können, begleitet. Man hat diese deshalb die Trabanten oder Satelliten Jupiters genannt. Jeder derselben zeigt im Kleinen in Bezug auf Jupiter ganz ähnliche Erscheinungen wie Mercur bei seiner hin- und hergehenden Bewegung um die Sonne, indem er bald auf der linken bald auf der rechten Seite von Jupiter erscheint. Oft bemerkt man den einen oder andern derselben, kenntlich an seinem, von Jupiter verschiedenen, Licht vor der Scheibe des letztern vorüberziehen; ihm nach auf der hellen Jupiterscheibe folgt dann oft ein kleiner, runder, dunkler Fleck, der ganz dieselbe Geschwindigkeit hat. Ein andermal wieder sieht man sie neben Jupiter plötzlich verschwinden. Unabweisbar drängt sich hier der Gedanke auf, daß sie den Jupiter ähnlich umkreisen wie uns der Mond, daß sie sowohl wie Jupiter selbst an sich dunkle nur von der Sonne beleuchtete Körper sind, und, vergleicht man bei den Erscheinungen immer die Lage der Sonne zu ihnen, so bleibt fast kein Zweifel, daß jener dunkle Fleck, der ihnen auf der Jupiterscheibe nachzieht, der Schatten ist, den sie auf den Planeten werfen, während ihr Verschwinden davon herrührt, daß sie selbst in den Schattenraum Jupiters eintauchen, daß also erstere Erscheinungen ganz unsern Sonnenfinsternissen, letztere aber den Mondfinsternissen analog sind. Denken wir uns nur weit genug in den Weltraum versetzt, wir würden unsere Sonnen- und Mondfinsternisse sich gerade so darstellen sehen.

Saturn, Uranus, Asteroiden.

434.

Saturn erscheint viel kleiner als Jupiter, aber noch als Stern erster Größe mit blasser, etwas in's Röthliche spielender bleiähnlicher Farbe. Mit starken Fernröhren betrachtet zeigt er eine Erscheinung, die im ganzen Weltenraum nicht mehr ihres Gleichen hat. Er ist nämlich von einem breiten, ihn frei umgebenden, in mehre Theile getheilten, Ring (s. Fig. 141) begleitet, der wahrscheinlich kreisförmig ist, aber weil wir nicht senkrecht auf seine Ebene blicken können, nur ellipsenartig erscheint, und sich zu Zeiten sogar so zusammenzieht, daß wir ihn nur als eine leuchtende Linie sehen. Außerdem umkreisen ihn noch 7 Satelliten, die ganz ähnliche Erscheinungen wie die Jupitertrabanten zeigen, — was freilich nur durch die stärksten Fernröhre gehörig zu sehen ist.

Uranus, der nur wie ein schwachschimmernder Stern erscheint, und deshalb und wegen seiner äußerst langsamen Bewegung unter den Fixsternen erst spät als Planet erkannt wurde, hat 6 Trabanten.

Noch kleiner, mit unbewaffneten Augen fast gar nicht erkennbar, sind die 4 zuletzt entdeckten Planeten, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, die daher den Namen Asteroiden, „kleine Sternchen", erhalten haben.

Entfernungen und Größen der Planeten.

435.

Unterwerfen wir die Planeten ganz ähnlichen Beobachtungen, wie wir sie oben (377) mit Mond und Sonne angestellt haben, so werden wir im Stande sein, ihre Entfernungen von der Erde zu ermitteln.*) Freilich sind diese weit größeren Veränderungen unterworfen, als die der Sonne und des Mondes von uns. So findet sich z. B. bei Mars die größte zu etwa 54 Millionen Meilen, die kleinste aber nur zu 7.

Kennt man aber für einen bestimmten Augenblick die Entfernung und zugleich den scheinbaren Durchmesser eines Planeten für denselben Moment, so kann man daraus, ebenso wie es (388) für Sonne und Mond geschah, den wahren Durchmesser, und daraus nach (129 und 133) die Oberfläche und den Kubikinhalt desselben berechnen. — Diese Angaben, die Ergebnisse langjähriger, sorgfältiger, Beobachtungen der Astronomen, finden meine Leser in der am Ende dieses Buches angehefteten Tabelle der wichtigsten Maßverhältnisse in den Columnen C, D, E, F, G.

*) Ein genaueres Mittel s. (506).

Kometen.

436.

„Noch giebt es eine andere Art von Gestirnen, die ebenfalls wie „die Planeten unter den fixen Sternen des Himmels herumirren, die „sich aber auch durch mehre Eigenheiten von jenen wesentlich unter„scheiden. Während die Planeten alle eine runde wohlbegrenzte Scheibe „zeigen, und im Allgemeinen alle von West nach Ost in directer Be„wegung wandern, und dabei — mit Ausnahme eines einzigen, der „Pallas — den Zodiakus, jene etwa 20^0 breite zu beiden Seiten der „Ekliptik liegende Zone des Himmels, nie überschreiten, sind die Ko„meten (Fig. 142) größtentheils von einer Art dichten Nebels um„geben, der zu verschiedenen Gestalten sich zusammenzieht oder aus„dehnt. Ihre Bewegungen sind bei einigen im Ganzen retrograd und „nach allen Richtungen und in alle Gegenden des Himmels verstreut. „Im Anfange ihres Erscheinens oft beinahe unmerklich, wachsen sie „schnell an Geschwindigkeit und Größe, um bald darauf eben so rasch „wieder abzunehmen, und endlich ganz auf Nimmerwiederkehr aus un„serm Anblick zu verschwinden."

Bahn der Planeten von der Sonne aus betrachtet.

437.

Gehen wir jetzt wieder zur Betrachtung der Wege zurück, die die Planeten am Fixsternhimmel durchlaufen. Wir können uns nicht verhehlen, daß diese wunderlichen Zickzack- und Schlangenlinien grade durch die Regelmäßigkeit, womit die directen und retrograden Bewegungen abwechseln, mehr Unbefriedigendes erhalten, als fänden wir sie wirklich ganz wild und planlos, dem blinden Zufall preisgegeben. Und doch sträubt sich auch dagegen unser Inneres, daß Körper, von denen viele weit größer als unsere Erde sind, ohne Ziel und Ordnung den Weltenraum durchziehen sollten. — Warum bewegen sie sich nicht auch in kreisförmigen Bahnen, wie der kleine Mond und die große Sonne?

Aber wer weiß? — Vielleicht thun sie das wirklich, nur freilich nicht um unsere Erde, die sich dann nur nicht am richtigen Standort inmitten des Weltenraums befindet, um die regelmäßigen Bahnen derselben unmittelbar gleichsam mit einem Blick zu übersehen. Ist ja doch der scheinbare Ort eines Planeten unter den Fixsternen nur der Punkt, wo eine Gesichtslinie von unserm Auge über den Planeten weit hinaus verlängert die ferne, uns mit Sonne, Mond und allen Planeten einhüllende Himmelskugel trifft; und gewiß würde dieser scheinbare Ort, mithin auch der scheinbare Planetenweg am Himmel ein ganz anderer sein, wenn wir uns an einem andern Beobachtungspunkt inmitten des Weltalls befänden.

Wo versuchten wir aber einen natürlicheren solchen Beobachtungs-

ort zu finden, als die Sonne? Ist diese es doch, welche auf allen Planeten, wie auf unserer Erde und unserm Mond Licht und Leben verbreitet, dabei eine Größe besitzt, von welcher, alle Planetenkugeln zusammengeballt, kaum den 500sten Theil ausmachen. Treten wir also wohl den Planeten zu nahe, wenn wir ihnen zumuthen, sich in Kreisbahnen um die riesige Lichtspenderin zu bewegen, um ihrer Wohlthaten stets in gleichem Maße theilhaftig zu werden?

438.

Gehen wir also jetzt mit ruhiger Ueberlegung zur Prüfung dieser unserer Hypothese. Es kommt hierbei auf nichts Geringeres an, als den scheinbaren Ort eines Planeten am Himmelsgewölbe für ein Auge auf der Sonne,*) so wie den Abstand desselben von der Sonne zu bestimmen. — Das gelingt aber, so schwierig es aussieht, auf folgende Weise:

Ist E (Fig. 110) die Erde, S die Sonne, P ein Planet in einer bestimmten Stellung in einem gewissen Augenblick, so kennt man in dem Dreieck SEP zuerst die Länge der Linie ES als Entfernung der Erde von der Sonne, ferner den Winkel SEP, den man auf der Erde unmittelbar messen kann, und endlich die Linie EP, die Entfernung des Planeten von der Erde.**)

Das Dreieck SEP kann also der Natur ähnlich gezeichnet werden. Verlängert man nun die Linie SP über P hinaus bis zu p′ in dem äußern Kreise, der hinlänglich groß gezeichnet werden muß, wie es der Weite des Himmels gegen die Sonnenentfernung entspricht, so ist p′ der scheinbare Ort des Planeten an der Himmelssphäre von der Sonne aus gesehen, während SP mit derselben Maßeinheit gemessen, deren ES 20 (nämlich Millionen Meilen) enthält, die wirkliche Entfernung des Planeten von der Sonne in Millionen von Meilen angiebt.

Planeten umwandern die Sonne in regelmäßigen Kreisbahnen.

439.

Verglichen wir von Tag zu Tag nach einer, jedesmal der Natur ähnlich entworfenen, Zeichnung die Linie SP, so würden wir finden,

---

*) Der scheinbare Ort eines Planeten am Himmel für ein Auge auf der Sonne (eigentlich im Mittelpunkt der Sonne) heißt der heliocentrische, für ein Auge auf der Erde (strenggenommen im Mittelpunkt der Erde) der geocentrische Ort.

**) Letztere kann allemal leicht blos aus dem jedesmal beobachteten scheinbaren und dem wahren Durchmesser gefunden werden, denn zeichnet man (Fig. 111) einen Winkel oew gleich dem im fraglichen Augenblick beobachteten scheinbaren Durchmesser des Planeten, und zieht die Linie ow, so giebt die Linie em und ow das Verhältniß der Entfernung des Planeten von der Erde zu seinem wahren Durchmesser, und da letzterer bekannt ist, so kann man sehr leicht aus der bloßen Messung seines scheinbaren Durchmessers gleich seine jedesmalige Entfernung von uns ableiten.

daß die Planeten alle immer fast gleichweit von der Sonne entfernt bleiben, also wirklich in beinahe kreisförmigen Bahnen um diese sich bewegen. — Verzeichneten wir aber auch von Tag zu Tag den scheinbaren Ort p' (Fig. 110) der Planeten, von der Sonne aus gesehen, auf einer Himmelskugel, — (wobei wir den Kreis spp' allemal erst auf dem Globus so legen müssen, daß er durch die Punkte s und p, die wir als die leicht bestimmbaren scheinbaren Orte der Sonne und des Planeten unter den Fixsternen, von der Erde aus gesehen, auf dem Globus bestimmen können, hindurchgeht, um dann in diesem größten Kreise von s oder p um den Bogen sp' oder pp', wie er sich der Anzahl seiner Grade nach aus Fig. 110 ergiebt, weiter zu gehen und so den fraglichen Punkt p' zu finden), — tragen wir also von Tag zu Tag den scheinbaren Planetenort, von der Sonne gesehen, auf, so ergiebt sich: daß jetzt der Punkt p' regelmäßig stets in directer Bewegung auf der Himmelssphäre herumläuft, und dabei immer in einer Ebene bleibt, die von der Ebene der Ekliptik, wenn auch nicht sehr bedeutend, verschieden ist. Die Neigung der Bahnebenen der einzelnen Planeten gegen die Ekliptik sind in der angehängten Tabelle unter L aufgeführt. Aber nicht blos diese Resultate giebt uns der Kunstgriff, uns auf die Sonne zu versetzen, er läßt uns auch die Zeit erkennen, die jeder Planet gebraucht, um — für ein Auge auf der Sonne — von einem scheinbaren Stande unter den Fixsternen nach Durchwanderung seines Kreislaufs wieder zu demselben Sterne zurückzukehren, — einen Zeitraum, den man ähnlich, wie wir es für Sonne und Mond (368, 370), von der Erde aus gesehen, thaten, die siderische Umlaufszeit der Planeten um die Sonne nennt.

Wissen wir aber, wie lange Zeit jeder Planet zu diesem seinem Umlauf verwendet, und haben wir aus seiner bekannten Entfernung von der Sonne als Radius noch (121 ꝛc.) den Umfang seines Wegs um die Sonne berechnet, so können wir auch leicht finden, wie viel Meilen er durchschnittlich in einer Zeitsecunde zurücklegt. Diese beiden Angaben, — siderische Umlaufszeit der Planeten um die Sonne, so wie die Geschwindigkeit in ihrer Bahn, d. h. der Weg, den sie in einer Secunde durchlaufen, — finden sich in der Tabelle unter H und I angegeben.

Rotation der Planeten.

440.

Beobachtet man die Scheiben der Planeten mit lichtstarken Fernröhren, so bemerkt man, wie auf unserm Mond, einzelne dunklere Stellen, die aber im Laufe der Zeit schnell ihren Ort verändern, indem sie von der Linken nach der Rechten, in der Mitte der Scheibe jedoch mit größerer Geschwindigkeit als an den Rändern, über den Planeten hinzuziehen scheinen. Sind sie am rechten Rande verschwunden, so bleiben sie, ebenso lang, als sie auf der uns zugewandten

Seite herzogen, unsichtbar, um dann wieder am linken Rande hervorzukommen und ihren Kreislauf in derselben Ordnung und in derselben Zeit zu wiederholen. Malen wir auf einer weißen Kugel einen dunkeln Fleck dem ähnlich, den wir an einem Planeten beobachteten, als er sich gerade in der Mitte der Scheibe befand, und drehen nun die Kugel mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um eine Axe, so zeigt diese dunkle Stelle auf unserer Kugel einem entfernten Auge ganz dieselbe Erscheinung wie auf dem Planeten, so daß wir kaum zweifeln können, daß auch die Planetenkugeln sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um eine Axe drehen, eine Bewegung, die wir die Rotation derselben nennen, und deren Dauer in der Tabelle für die einzelnen Planeten unter K angegeben ist.

Rotation des Mondes.

441.

Eine merkwürdige Erscheinung in Beziehung auf diese Rotation zeigt der Mond. Beobachten wir seine Scheibe, so erkennen wir schon mit bloßen Augen dunkle Figuren auf derselben, diese bleiben aber stets in derselben Lage, sie wandern nicht über die Mondfläche her. Mit unverwandten Blicken scheint der Mond uns beständig anzuschauen, es ist als wäre er festgeschmiedet an den Gesichtsstrahl, der von uns nach seiner Mitte geht. Der Mond hat also keine Rotation? — Ueberlegen wir aber die Sache genauer. Gehen wir rund um einen Tisch herum, das Gesicht stets nach der Mitte desselben gerichtet; wenden wir da nach einem halben Umgang um den Tisch nicht dem Ofen z. B. den Rücken zu, wenn wir im Anfang unserer Bewegung ihm das Antlitz zugekehrt hatten, und erblicken wir ihn nach Vollendung unsers Wegs um den Tisch nicht wieder gerade vor uns? Genau in derselben Zeit, in welcher wir einen vollen Umgang um den Tisch zurücklegen, haben wir uns auch genau einmal um unsre eigne Axe gedreht. Diese Axe hat blos selbst dabei ihren Ort verändert. Gerade so ist es auch mit dem Mond. Genau während einer siderischen Revolution rotirt er auch einmal um eine Axe, die fast senkrecht steht zu der Gesichtslinie von uns nach ihm.

Uebersichtstabelle der Maßverhältnisse der Planeten.

442.

Jetzt sind wir im Stande einzusehen, wie fast alle Angaben in der „Uebersichtstabelle der wichtigsten Maßverhältnisse der Planeten" am Schlusse unseres Werkchens wenigstens im Rohen ermittelt werden konnten. Sollte der eine oder andere meiner Leser noch einigen Anstoß dabei finden, so möge er vergleichen für: A: (438) (377) (378); B: (378); C: (435); D: (429 ꝛc.) (29); E: (388); F: (129); G: (133); H: (439); I: (439); K: (440); L: (439).

Weltsystem.

443.

Stellen wir nach dem jetzt gewonnenen Standpunkte uns zur Uebersicht einmal das ganze Weltsystem (Fig. 112) zusammen.

In der Mitte des Universums thront die Erde E. Um sie zunächst kreist der Mond. In einem 400mal größern Abstand die Sonne. Diese bildet den Mittelpunkt für die Bahnen der Planeten, die also unmittelbar nur die Sonne umkreisen, aber weil diese selbst die Erde umläuft, mittelbar auch um diese geführt werden. Mercur und Venus, noch nicht so weit entfernt als die Sonne von uns, kommen niemals mit der Sonne in Opposition, sondern 2mal in Conjunction, einmal, wenn sie zwischen Erde und Sonne stehen (untere Conjunction), das andre Mal, wenn die Sonne zwischen uns und ihnen steht (obere Conjunction). Im ersteren Fall sind sie uns am nächsten, ihr Durchmesser scheint also am größten und ihre Scheibe dunkel. Im letzteren sind sie in der größten Ferne von uns, sind aber der Sonne wegen unsichtbar; einige Zeit vor und nachher aber, wo auch ihre Entfernung noch wenig von der größten abweicht, muß ihr Durchmesser am kleinsten und ihre Scheibe fast voll erleuchtet erscheinen. Vergleichen wir Fig. 108, so finden wir die Abwechselung der scheinbaren Durchmesser und Lichtgestalten auf das Befriedigendste erklärt, auch die von der Erde so erscheinende Abwechselung der retrograden und directen Bewegung finden wir sehr natürlich: denn wenn der Planet (Fig. 112) in der Nähe von n etwa in l ist, so geht er bis r schneller von Ost nach West, als die Sonne mit ihm nach Ost zu, er scheint also mit dem Ueberschuß dieser seiner Bewegung retrograd, geht er aber von w durch f nach o, so scheint er sich direct zu bewegen, um so mehr, als die Sonne durch ihre eigne Bewegung ihn noch mehr nach Ost führt, als er blos durch seine Bahnbewegung gekommen wäre. Der scheinbare Stillstand unter den Fixsternen wird aber dann eintreten, wenn Venus z. B. in der Nähe von l oder r in ihrer eignen Bahn eben so weit nach Westen geführt wird, als sie von der Sonne nach Osten zu mitgenommen wird.

444.

Mars (so wie die übrigen Planeten, die aus Mangel an Raum nicht im gehörigen Verhältniß ihrer Entfernungen mitgezeichnet werden konnten) ist weiter entfernt von der Sonne als wir, daher die Erde innerhalb seiner Bahn liegt. So kann es also kommen, daß je nachdem für einen bestimmten Ort der Sonne der Planet sich an verschiedenen Punkten seiner Bahn befindet, er in allen möglichen Winkelabständen von der Sonne erscheint, wir brauchen zu dem Ende nur die 2 Linien von der Erde nach der Sonne und nach ihm zu ziehen. In der Opposition, p, hat er den kleinsten Abstand und größten scheinbaren Durchmesser, in der Conjunction, c, aber ist seine Ent-

fernung von uns am größten, und sein scheinbarer Durchmesser am kleinsten; in beiden Fällen aber muß seine Scheibe voll erleuchtet erscheinen, was auch an allen andern Punkten fast vollständig der Fall ist, so daß seine Phasen nur sehr wenig von der vollen Beleuchtung abweichen. Noch mehr findet dies bei den entfernteren Planeten statt, deren Scheibe uns immer voll erleuchtet scheint, weil wir uns im Vergleich ihrer Bahnen nicht sehr weit von ihrer Beleuchtungsquelle, der Sonne, befinden.

Ansicht der Erde und des Mondes von der Sonne aus.

445.

Befänden wir uns ganz auf der Sonne, so würde natürlich keiner der Planeten Lichtgestalten zeigen. — Müßten wir aber auch diesen Anblick entbehren, so würde uns die regelvolle Harmonie der einfachen Kreisbahnen aller Planeten reichlich dafür entschädigen. Nur die Erde und der Mond, wo würden diese denn für die verschiedenen Orte unserer jährlichen Reise um die Erde am Firmamente erscheinen? Ziehen wir nur einen Gesichtsstrahl von der Sonne nach der Erde, verlängern ihn über die Erde hinaus weit, bis er die Himmelskugel erreicht, würde diese nicht, wenn die Sonne nach Osten zu wandert, auch den Himmel in der Richtung von West nach Osten in einem Jahre durchschneiden? Säßen wir also ruhig auf dem Sonnenwagen und wüßten nichts von unserer Bewegung, wir glaubten wahrlich, die Erde bewege sich um uns in einem Jahre, gleich den übrigen Planeten. Gut also, daß wir nicht ein Auge auf der Sonne haben; wir würden gar geringschätzig von unserer Heimath, der Erde, denken, wenn sie als eine kleine Scheibe von kaum 17″ scheinbarem Durchmesser, kaum also etwas größer, als wir jetzt den Mercur oder Saturn sehen, stets begleitet von einem noch viel kleinern Lichtpünktchen, unserm Mond, der bald rechts bald links, aber nie weiter als einige Bogenminuten davon erscheinen würde, uns umkreiste, weit unbedeutender also noch erschiene, als wir den Jupiter sehen, der doch vier solcher Trabanten in seinem Gefolge hat.

Gedanken über die Rotation des Himmels.

446.

Und doch ist diese kleine Erde nicht blos für uns, sondern auch für das ganze Weltall vielleicht der wichtigste Himmelskörper. Sie nimmt, wie wir (443) gesehen, den Mittelpunkt des unermeßlichen Himmelsgewölbes ein. In stolzer Ruhe blickt sie zu diesem hinauf, das sich von Ewigkeit zu Ewigkeit alle 24 Stunden um sie herumschwingen muß. Aber nicht blos dieses dreht sich alltäglich um die Himmelsaxe, an dieser Bewegung nehmen auch alle anderen Himmelskörper, nahe und ferne, Planeten und Trabanten, Mond und Sonne

ohne Unterschied Theil. Verweilen wir sinnend einige Augenblicke bei dieser Umwälzung des Weltalls, so müssen wir es als eine der wunderbarsten Erscheinungen anerkennen, daß die Geschwindigkeit aller Himmelskörper, die bei den entferntern natürlich größer ist, weil diese einen größern Weg, den Umfang eines größern Kreises, in einer und derselben Zeit, 24 Stunden, zu durchfliegen haben, — daß also die Geschwindigkeit bei allen so genau abgemessen ist, daß keiner sich auch nur um 1 Secunde verspätet oder zu früh kommt. Noch wunderbarer würde aber die Sache sein, wenn die Fixsterne auch nicht alle gleichweit von uns entfernt wären. Und wer steht uns denn dafür, daß sie alle in einer Kugelfläche liegen? Scheinen doch auch die Planeten dem bloßen Anblick nach an dem Himmelsgewölbe angeheftet, und sind doch so ungleich weit von uns entfernt. Ist es dann nicht, als wenn sie alle unter sich mit ungeheuern Stangen verbunden wären, die sie stets in gleicher Lage zu einander halten, damit keiner dahinten bleibe? Und diese Fixsterne sind wahrlich keine bloßen Lichtpünktchen! Hat man doch bei einigen der hellsten einen scheinbaren Durchmesser von beinahe $^1/_3$ Secunde gefunden, bei der großen Entfernung also, die sie wenigstens haben, ist dann der wahre wohl kaum geringer als der unserer Sonne.

Rotation der Erde.

447.

Aber wie, kann denn die Erscheinung dieser Himmelsumdrehung nicht auch auf andere Weise hervorgebracht werden?

Haben meine Leser vielleicht jemals in einem Carrousel gefahren, und unbekümmert um die Bewegung, die sie im Kreis herumführte, in die Gegend um sich her geschaut, — drehte sich da nicht die ganze Umgebung, Bäume, Häuser, Menschen und Berge, nahe und ferne, alle in derselben Zeit um uns herum? Und doch drehte sich nichts als das Carrousel selbst. Leicht würden wir da die Bemerkung haben machen können, daß die scheinbare Umdrehung der Gegend um dieselbe Axe, um die wir selbst uns drehen, geschehe, daß die Geschwindigkeit sich ganz nach unserer eigenen Rotation richte, die Richtung derselben aber der Richtung unserer Bewegung entgegengesetzt sei. Bewegen wir uns selbst von West durch Süd nach Osten, so wandert unsere Umgebung von Ost durch Süd nach Westen und umgekehrt. Wäre es also nicht möglich, daß eigentlich der ganze Weltraum ruhte, dagegen unsere Erde sich in 24 Stunden um eine Axe drehte, die mit der Himmelsaxe zusammenfiele, und zwar in der Richtung von West nach Ost, wie alle anderen Himmelskörper es auch thun? Wissen wir auf der Oberfläche der rotirenden Erde dann nichts von dieser unsrer eignen Bewegung, werden wir dann nicht immer andre und andre, weiter nach Osten gelegene, Sterne über unsre Köpfe dahin ziehen sehen?

448.

Aber könnte man sagen, von einer solchen eignen Bewegung müßten wir denn doch etwas fühlen? — Fahren wir freilich über holpriges Pflaster, da merken wir es an dem Stoßen und Schwanken unseres Wagens, daß wir uns bewegen. Sitzen wir aber in einer Gondel, die auf spiegelglattem Wasser sich herumdreht, und schauen unsre Reisegefährten an, wie sie stets in derselben Lage zu uns bleiben, so werden wir uns im Bewußtsein unserer behaglichsten Ruhe, in der wir kein Glied rühren, um uns zu bewegen, sicher der Täuschung hingeben, wir blieben mit allem, was in der Gondel ist, unbeweglich. Erst wenn wir die Blicke nach den Ufern wenden, erfahren wir eine Veränderung unsrer Stellung zu diesen. So können wir ja auch auf dem großen Schiff, der Erde, eben so sanft, so ohne alle eigne Anstrengung uns herumdrehen. Alles, was zur Erde gehört, Häuser, Bäume, Berge und Wolken, dreht sich gemeinsam mit uns, bleibt also immer in derselben Stellung zu uns, und nur an den fernen Lichtpunkten des Himmels, wie an den Bäumen des Ufers, bemerken wir die Veränderung unserer Lage.

Beweise für die Rotation der Erde.

449.

So liegt also in der Erscheinung, daß von Minute zu Minute immer andre und andre Sterne am Horizonte herauftauchen, durchaus keine Entscheidung für die Frage, dreht sich der Himmel um die feste Erde, oder steht der Himmel fest, während die Erde um ihre Axe rotirt.

Wenn aber schon die Betrachtung, daß bei einer Rotation der Erde selbst ein Punkt des Erdäquators, der den größten Weg in 24 Stunden zurückzulegen hätte, in einer Secunde nur etwa $^1/_{16}$ Meile durchlaufen muß, während, wenn das ganze Weltall in 24 Stunden sich um uns drehte, selbst der nächste Fixstern, um seine riesenhafte Parallelkreisbahn in der ihm zugemessenen Zeit zu durchfliegen, in einer Secunde einen Weg von wenigstens 42,000 Meilen machen müßte, die Annahme einer Umdrehung der Erde glaubhafter macht als eine Rotation des Himmels, — wenn ferner schon die Analogie mit allen andern Weltkörpern, die sich auch um eine Axe drehen, uns darauf hinweist, so giebt es auch noch andre Erscheinungen, die mit der Annahme einer Rotation der Erde im schönsten Einklange stehen, und ohne sie vielleicht ewig unerklärlich blieben.

Abplattung, eine Folge der Rotation.

(450.)

Schwingen wir eine Bleikugel, oder sonst etwas Schweres, an einem Faden befestigt im Kreise herum, so gewahren wir, wie der Fa-

den straff angezogen wird, und wir selbst eine gewisse Kraft anwenden müssen, um ihn zu halten. Schwingen wir nun immer schneller und schneller, so wird endlich der Faden zerreißen und die Kugel weit wegfliegen. Wir ersehen daraus, daß die Kugel durch den Umschwung ein Bestreben, und zwar ein mit dem Zunehmen der Schnelligkeit dieses Umschwungs auch immer zunehmendes Bestreben, erhält, sich von dem Mittelpunkt, um den sie schwingt, zu entfernen, bis es endlich, wenn dies Bestreben die immer gleichbleibende Kraft, die die Kugel nach unserer Hand zieht, — die Festigkeit des Fadens — an Stärke erreicht hat, nur eines kleinen Zuwachses an Schnelligkeit bedarf, um diese Kraft zu überwinden.

(451.)

Man nennt die Ursache, die die geschwungene Kugel vom Mittelpunkt hinwegtreibt, weil sie sich gleichsam aus dem Schwung erst entwickelt, die Schwung-, Flieh- oder Centrifugalkraft, die ihr entgegenwirkende nach dem Mittelpunkt hinziehende aber Centripetalkraft. Wie erstere durch den Schwung erst hervorgebracht wird, können wir uns etwa so denken: es ruhe (Fig. 113) die Kugel k zuerst auf einem horizontalen Tisch; der Faden, an den sie gebunden ist, sei in m fest. Stoßen wir nun die Kugel in der Richtung des Pfeiles senkrecht auf den Faden, so würde sie, wäre sie nicht angebunden, in der graden Linie k l mit einer gewissen Geschwindigkeit, die sich nach der Stärke unseres Stoßes richtet, fortgehen. Da aber der Faden sie an dieser geradlinigen Bewegung hindert, so wird sie in einem Kreisbogen um m herumfliegen.

Gesetzt wir hätten gerade so stark gestoßen, daß die Kugel in einer sehr kurzen Zeit, etwa $^1/_{10}$ Secunde, frei von k nach k′ fliegen würde, so wäre sie nach Verlauf dieser Zehntelsecunde um die Linie k′ k″ weiter von m entfernt als im Anfang. Da sie aber vom Faden daran verhindert wird, so wird sie sich wirklich nur in k″ befinden, ihr Bestreben aber, um k″ k′ weiter von m zu sein, wird sich durch die Anspannung des Fadens zeigen. Der Faden muß also hier offenbar eine Kraft anwenden, um die Kugel nicht von sich zu lassen, die im Stande wäre, die Kugel in einer Zehntelsecunde von k′ nach k″ zu führen, oder so groß wie die Centrifugalkraft, die sie ja eben in einer Zehntelsecunde von k″ nach k′ gezogen hätte.

Wurde die Kugel im Anfange schneller gestoßen, so daß sie — frei — in $^1/_{10}$ Secunde von k nach k‴ liefe, angebunden aber nach k^{IV} gelangt, so wird die Kraft, die der Faden äußern mußte, so groß sein, daß er die Kugel in $^1/_{10}$ Secunde von k‴ nach k^{IV} ziehen könnte, weil ihm die durch den Stoß sich entwickelnde Schwungkraft die Kugel mit der gleichen Kraft von k^{IV} nach k‴ zu entführen bestrebt war.

So sehen wir leicht ein, daß mit der wachsenden Geschwindigkeit des Umschwungs (je größer in derselben Zeit der Bogen k k″ wird)

auch die Schwungkraft, die sinnlich durch die Linien k''k', k^{IV} k''' dargestellt wird, wächst, ja endlich so groß werden kann, daß der Faden oder die Centripetalkraft keinen ihr gleichen Aufwand machen kann, das heißt, bis der Faden zerreißt.

(452.)

Wäre der Faden etwas elastisch, so würde die Folge bestimmt abzusehen sein; er würde beim Umschwung der Kugel wirklich ausgedehnt werden, und zwar um so mehr, je größer die Geschwindigkeit des Schwungs, je größer also die Schwungkraft würde. Denken wir uns nun an einer Axe NS (Fig. 114) senkrecht auf sie etwas ausdehnsame Stäbe befestigt, an dem Ende eines jeden eine Kugel und die Stäbe so lang, daß die Kugeln in dem Kreise NxAyS lägen. Drehen wir diese ganze Vorrichtung um NS als Axe schnell herum, so werden alle Kugeln Parallelkreise durchlaufen, und zwar alle in derselben Zeit, einer vollen Umdrehung um NS. Da aber die Umfänge dieser Parallelkreise, je näher sie von A aus nach N und nach S zu liegen, immer kleiner und kleiner werden, mithin auch die Schnelligkeit der Kugeln nach N und S zu abnimmt (wonach sich ja die Schwungkraft, die die Stäbe ausdehnen will, richtet), so werden zwar alle Stäbe, aber nicht um ein gleich langes Stück, sich ausdehnen, sondern um so weniger verlängert werden, je weiter sie von A C entfernt sind.

Lagen also die Kugeln vor der Drehung um NS in der Kreislinie NxAyS, so werden sie während der Drehung in einer krummen Linie Nx'A'y'S sich befinden, die große Aehnlichkeit mit einer Ellipse hat, deren kleine Axe NS, deren große Axe aber CA' ist. Hätten wir statt der Halbkreislinie NAS voll Kugeln, die ganze Kugeloberfläche, deren Durchmesser NS ist, voll Kugeln an ausdehnsamen Stäben befestigt gehabt, so würden diese während der Rotation auf der Oberfläche eines Körpers liegen, der durch Umdrehung der halben Ellipse Nx'A'y'SN um NS als Axe beschrieben wird.

(453.)

Drehen wir eine massive Kugel, aber von ausdehnbarer Materie, z. B. weichem Thon, — wie wir uns das von jedem Töpfer auf der Töpferscheibe können zeigen lassen, — schnell um eine z. B. verticale Axe, so wird die Kugel blos durch die Rotation nach der Seite hin breiter, oder, wie man gewöhnlich sagt, „nach den Polen zu abgeplattet" werden. Nun haben die Naturforscher durch Untersuchen der Steine und Erdarten, so tief man in den Boden eindringen konnte, es höchst wahrscheinlich gefunden, daß die Erde nicht immer fest und hart, sondern im Anfang weich und thonartig gewesen sei, daher denn die Annahme einer Rotation derselben ihr Abgeplattetsein nach den Polen zu völlig befriedigend erklärt.

(454.)

Einen andern Grund der Abplattung der Erde — obgleich ein solcher allerdings wohl vorhanden sein könnte — hat man sich noch nicht denken können. Die Schwerkraft allein würde bei einer nicht starren Masse die reine Kugelform hervorrufen (gleichwie ein Wassertropfen auch kugelförmig erscheint), die wegen der Schwerkraft aber kugelförmig gewordene weiche Erde würde durch die Rotation in eine abgeplattete, ellipsoidische, übergegangen sein.

Pendelversuche.

(455.)

Eine zweite, nur in der Rotation der Erde eine befriedigende Erklärung findende, Thatsache ist das Schnellergehen der Pendeluhren, je weiter sie vom Aequator nach den Polen zu aufgestellt werden. — Wie dies zusammenhänge, wollen wir so zu übersehen suchen: Schon oben (181) haben wir die Schwerkraft als ein der Masse eingebornes, von ihr unzertrennliches, Bestreben kennen gelernt, sich gegenseitig anzuziehen. Wir führten dort schon an, daß diese Anziehungskraft um so größer sei, je mehr Masse zwei sich anziehende Körper besitzen, d. h. je mehr Massentheilchen gemeinschaftlich ziehen, und je näher sich diese Massentheilchen im Ganzen genommen liegen.

Die Größe dieser Anziehungskraft, die durch die Gesammtwirkung aller einzelnen Massentheilchen der Erde z. B. und eines „fallenden" Steines entsteht, wird sich nun bestimmt darin aussprechen, daß der Stein mit einer bestimmten Geschwindigkeit den trennenden Raum durchläuft (fällt). Nach angestellten Versuchen ist der Weg, den ein seiner Unterlage beraubter Stein in einer Zeitsecunde vom Augenblick des Anfangs seines Falles an durchläuft, etwa 15 Fuß. Fällt er noch länger als eine Secunde, so sinkt er in der 2ten Secunde seines Falles 3 mal 15, in der 3ten Secunde 5 mal 15 Fuß, und so fort, nach einem bestimmten Gesetz, das wir übrigens hier unberührt lassen können, und das meine Leser in den Schriften über Naturlehre nachsehen mögen.

(456.)

Wir könnten hier vielleicht fragen, wie groß muß denn aber der Stein sein, wenn er grade 15 Fuß in der ersten Secunde durchfallen soll, — ein Felsblock wird doch schneller fallen als ein kleiner Stein oder eine Bleikugel, die wir in der Hand halten können? Bedenken wir aber, daß es ja die Gesammtmasse der Erde und des fallenden Körpers ist, welche jene bestimmte Fallgeschwindigkeit bedingt, und diese Gesammtmasse in beiden Fällen, — mag der Felsblock oder der Stein sinken, gleich ist, so werden wir es natürlich finden, daß an einem bestimmten Ort der Erde alle Körper, die man zugleich losläßt, groß oder klein, in gleicher Zeit gleichtief fallen.*) Weil aber die

*) Eine Flaumfeder kommt freilich viel langsamer zur Erde, weil diese sich durch die Luft nur mit Mühe hindurcharbeitet; diesen Widerstand der Luft

Fallgeschwindigkeit auch noch von der Entfernung aller Massentheilchen im Ganzen abhängt, so könnte es eher einen Unterschied machen, ob wir einen Stein von einem hohen Thurm, oder nur von geringer Höhe herabfallen lassen, weil in ersterem Falle die Entfernung aller sich anziehenden Massentheilchen größer, als in letzterem ist. Indessen sind selbst die höchsten Thürme noch viel zu niedrig, als daß wir diesen kleinen Unterschied des Fallraums auf ihnen und am Fuße derselben anders als durch die feinsten Versuche merken könnten.

(457.)

Weit bedeutender muß aber dieser Unterschied schon sein für 2 Orte, von denen der eine auf dem Aequator, der andre nahe an den Polen liegt; denn von dem Nordpol z. B. sind alle Massentheilchen der Erde, im Ganzen genommen, weniger entfernt als von einem Punkt im Aequator, indem dort selbst der am weitesten entfernte Punkt, der Südpol, noch 6 Meilen näher ist, als dem Punkte im Aequator sein fernstes Erdmassentheilchen am entgegengesetzten Ende des Aequatordurchmessers. Daher muß auch am Pole der Fallraum in einer Secunde größer sein als am Aequator, und wie man es natürlich finden wird, muß der kleinere Fallraum am Aequator allmälig in den größten am Pole übergehen. Nun hat man durch genaue Versuche auch wirklich gefunden, daß in hohen Breiten (nahe am Nordpol) dieser Fallraum merklich größer ist, als an Orten in der Nähe des Aequators, der Unterschied war aber viel bedeutender, als er wegen der größern Nähe aller anziehenden Massentheilchen an einem Orte nahe am Pol hätte sein müssen. — Dies war man, durch freilich nicht ganz einfache Berechnungen und Vergleichungen der Zunahme des Fallraums bei einer bestimmten Näherung, z. B. von der Höhe eines Thurms bis an dessen Fuß, und der Näherung vom Aequator bis zu dem Pol, zu ermitteln im Stande.

(458.)

Da also die „Abplattung" der Erde allein diesen Unterschied der Fallhöhen nicht bewirken kann, so muß noch eine andere Ursache die Wirkung der Abplattung unterstützen, indem sie z. B. den Fallraum am Aequator mehr vermindert als nach den Polen zu.

Die einzige Ursache, die man sich aber bis jetzt hat denken können, ist die Rotation der Erde. Diese würde nämlich durch die Schwungkraft, die sie hervorruft, die Anziehungskraft der Erde überhaupt an allen Orten — nur im Pol nicht, weil dieser nicht rotirt — vermindern. Da aber ein Punkt am Aequator schneller rotirt als

---

lassen wir aber bei unsern jetzigen Betrachtungen außer Acht. Uebrigens giebt es Vorrichtungen, durch die man in einer langen Röhre die Luft entfernen kann. In einer solchen luftleeren Röhre fallen eine Flaumfeder und ein Stück Blei gleich schnell.

jeder weiter nach den Polen zu liegende, so ist auch die Schwungkraft am Aequator größer, mithin dort die Schwerkraft von geringerer Wirkung, weil ihr eine größere Kraft entgegenwirkt. Durch sorgfältige Vergleichung der Größe, um welche die Schwungkraft an den verschiedenen Orten der Erde die Schwerkraft vermindern müsse, hat man sich aber überzeugt, daß jene grade und genau die Abplattung so viel unterstützt, daß der beobachtete Unterschied in den Fallhöhen für die verschiedenen Breiten dadurch vollständig hervorgebracht wird.

Fallraumverschiedenheit gemessen durch Pendelschwingungen.

(459.)

Diese Rechnung anzustellen würde uns viel zu weit führen, dagegen interessirt es wohl meine Leser, zu erfahren, wie man die Fallraumverschiedenheit so haarscharf hat messen können.

Nehmen wir wieder unsre Kugel am Faden zur Hand, befestigen den Faden in a (Fig. 115), so wird die Kugel, von der Erde angezogen, dieser so nahe als möglich zu kommen suchen, daher vertical unter dem Aufhängepunkt in P ruhen. Bringen wir die Kugel aus dieser Lage, etwa nach p, so ist sie jetzt weiter von der Erde entfernt, wird also so tief, als es der Faden gestattet, zu fallen suchen, d. h. den Bogen pP durchlaufen. — Einmal in Bewegung bleibt sie aber in P nicht ruhig, sondern steigt wieder nach p′, um von dort einen neuen Schwung bis p zu vollenden. Ein solches Pendel, einmal in Bewegung gesetzt, würde so in Ewigkeit fortschwingen, machten nicht allerhand Hindernisse, besonders der Widerstand der Luft und die Steifigkeit des Fadens, der immer gebogen werden muß, die Schwingungsbogen pPp′ immer kleiner und kleiner, bis das Pendel endlich ganz zur Ruhe kommt.

(460.)

Nun lehrte aber die Erfahrung, daß die Dauer eines Schwungs immer dieselbe bleibt, mag das Pendel große oder kleine Schwingungsbogen, p p′ p″ p‴, durchlaufen; eine Thatsache, worüber wir uns eben nicht so sehr zu verwundern brauchen, wenn wir bedenken, daß die Kreisbahn, die die Kugel durchlaufen muß, an verschiedenen Stellen verschieden steil ist. Fängt die Kugel also z. B. in p an zu fallen, so hat sie zwar einen größern Weg zu durchlaufen, als wenn sie in p″ anfinge, aber bei p ist ihre Bahn steiler, daher bekommt sie gleich von vorn herein eine größere Geschwindigkeit, als wenn sie in p″ zu fallen begänne. — So wenig also bei den Schwingungen eines Pendels auf die Weite des Bogens ankommt, so genau hängt dagegen die Dauer eines Schwungs von der Länge des Fadens ab. Je länger dieser ist, eine desto längere Zeit bedarf auch die Kugel, um einen Schwung zu vollenden, weil bei einem längeren Faden die Kreisbahn im Ganzen flacher oder weniger steil wird, sich immer mehr ei-

ner horizontalen Linie nähert, auf welcher das Fallen ganz aufhören würde.

Ein Pendel also von einer bestimmten unveränderlichen Fadenlänge wird in einer bestimmten Zeit einen Schwung und alle folgenden Schwingungen in derselben Zeit vollenden. Ein Pendel von 3 Fuß 9 Linien Pariser Maß Länge gebraucht bei uns in Deutschland zu jedem Schwung eine Secunde.

(461.)

Denkt man sich aber, die Anziehungskraft der Erde werde vergrößert oder verringert, so wird auch das Pendel schneller oder langsamer fallen als vorher, daher auch seinen Schwung in kürzerer oder längerer Zeit vollenden. Will man also untersuchen, ob die Anziehungskraft der Erde wirklich nach den Polen zu größer werde, so braucht man nur ein und dasselbe Pendel von unveränderter Länge unter dem Aequator und in höheren Breiten schwingen zu lassen und nachzusehen, ob die Zeit eines Schwungs unter dem Aequator länger dauert, als näher an den Polen. An einem einzigen Schwunge würde das aber eben so wenig zu merken sein, als wenn man den Fallraum direct durch einen Stein, den man sinken ließe, erforschen wollte. Weil aber das Pendel eine große Anzahl gleichdauernder Schwingungen hinter einander macht, so braucht man nur zu zählen, ob es am Aequator in einem Tage z. B. weniger Schwingungen vollendet, als wenn es einem Pole näher aufgehängt würde. Hat z. B. ein Pendel eine solche Länge, daß es am Aequator in einem Tage **86400** Schwingungen vollendet, und macht es, in eine höhere Breite gebracht, in derselben Zeit deren **86405**, so ist klar, daß es dort zu einer Schwingung mehr Zeit gebraucht als hier, daß also dort die Schwerkraft schwächer ist als in der Nähe der Pole.

Wollte man einen ganzen Tag lang aber die Schwingungen zählen, so würde man, auch abgesehen von der ermüdenden Arbeit, immer der Gefahr ausgesetzt sein, sich verzählt zu haben. Glücklicherweise aber haben wir ja mechanische Werkzeuge, die für uns zählen, dabei nicht ermüden und nicht irre werden — die Uhren. — Eine Pendeluhr ist ja weiter nichts als eine Vorrichtung, die Pendelschläge zu zählen, und die Zahl derselben auf eine für uns geläufige Art zu zeigen.

Ein fallender Körper kommt östlich von der Verticalen zu Boden.

(462.)

Eine dritte Erscheinung endlich, die noch directer auf eine Rotation der Erde hinweist, ist folgende:

Läßt man von der Höhe eines Thurms eine Kugel bis ganz auf den Boden fallen, so fällt diese nicht senkrecht unter der Stelle nieder, von der sie anfing zu fallen, sondern etwas weiter nach Osten zu.

Auch dies ist nur durch die Annahme einer Rotation der Erde von West nach Osten erklärlich.

Sei nämlich (Fig. 116) m der Mittelpunkt der Erde, der innere Kreis ein Stück eines Parallelkreises, b s ein Thurm, und von dessen Spitze s eine Verticallinie s b gezogen, die verlängert nach m gehen würde. Läßt man nun in s eine Kugel fallen, so wird, falls die Erde von West nach Ost rotirt, in derselben Zeit, z. B. 3 Secunden, welche die Kugel braucht, um bis auf die Erde zu gelangen, der Thurm aus seiner Stelle gerückt und etwa in die Lage s‴b‴ gekommen sein. Es fragt sich nun, wo die Kugel die Erde erreichen wird?

(463.)

Wir sehen sogleich ein, daß die Kugel von zweien von einander unabhängigen Kräften getrieben wird, der Rotation und der Schwerkraft. Vermöge der Rotation hat sie die Geschwindigkeit, die die Spitze des Thurms hat, denn wäre sie darauf liegen geblieben, so wäre sie eben so schnell im Weltraum weiter geflogen, als die Spitze des Thurms selbst. Diese Geschwindigkeit, vermöge der sie in der Zeit, wo die Thurmspitze nach s‴ kommt, auch um den Bogen s s‴ weiter nach Osten gekommen wäre, wird sie also, auch ihrer Unterlage beraubt, immer beibehalten, es müßte denn sein, daß irgend eine andere Kraft ihr gradeswegs entgegenwirkte; da eine solche aber nicht vorhanden ist, sondern die Schwerkraft sie nur der Erde nähert, ohne ihre anderweitig erlangte Geschwindigkeit während des Falles im Mindesten hindern zu können, so wird sie auf der Erde im Punkte k‴ aufschlagen, der von b eben so weit entfernt ist, als s‴ von s, um welchen Bogen sie ohne Hinzutreten der Schwerkraft auch weiter gekommen wäre. Da aber nun s‴s als ein Bogen eines größeren Kreises (des Thurmspitzenwegs) größer ist, als b b‴, obgleich beide gleichviel Grade messen, so muß sie um den Ueberschuß von s‴s über b‴b, d. h. um k‴b‴ östlich von der Verticallinie s‴b‴ am Thurme aufschlagen.

(464.)

In der Wirklichkeit hat sie während ihres Falls die parabolische Bahn s k′k″k‴ durchlaufen. Denn ist der Thurm nach 1 Secunde z. B. in der Lage s′ b′, so befindet sie sich in k′, wo k′l gleich s′s; nach 2 Secunden hat der Thurm die Lage s″b″, und die Kugel ist in k″, wo k″l′ gleich s″s ist. Sie ist also während des ganzen Falles immer dicht an der Verticallinie des Thurms, die sich ja selbst mit fortbewegt, geblieben, freilich immer schon etwas auf der östlichen Seite, und diese östliche Abweichung ist immer größer geworden, bis sie am Ende des Falls die Größe k‴b‴ erreicht hat.

Daß wir aber weder von der Spitze des Thurms noch von einem andern Punkt der Erde die krummlinige Bewegung der Kugel in

der Bahn sk'k''k''' sehen, ist sehr natürlich, indem wir ja gemeinschaftlich mit Thurm und Kugel auf der Erde fortgeführt werden. Ständen wir aber außerhalb der Erde, unbeweglich, und die Erde drehte sich vor uns, da würden wir sie leicht bemerken.

(465.)

Einen ganz ähnlichen Fall, wo wir aber die krummlinige Bahn sehen können, haben meine Leser gewiß schon alle vor sich gehabt. Gaben sie je Acht auf die Bahn der Kugel, welche ein Kunstreiter bei vollem Laufe des Pferdes bei k (Fig. 117) in die Höhe warf und bei k'' wieder fing? Diese hat ungefähr die Form der Parabel kk'k'' (Fig. 117). Fragen wir aber den Reiter, so versichert er uns, die Kugel vertical in die Höhe geworfen zu haben; er habe es gerade so gemacht, als wenn er gar nicht fortgaloppirt sei, auch habe er die Kugel immer gerade über sich gesehen. Die Kugel hatte in seiner Hand schon die Geschwindigkeit des galoppirenden Pferdes. Wäre sie in der Hand geblieben, so wäre sie jetzt in der Zeit, wo sie, in die Höhe geworfen, emporstieg und wieder zurückfiel, auch nach k'' gekommen, — die neu hinzugekommene Bewegung des Auf- und Niedersteigens konnte aber an der ihr einmal innewohnenden Geschwindigkeit in der Richtung von k nach k'' gar nichts ändern.

(466.)

Beim ersten oberflächlichen Ansehen der Sache sollte man vielleicht meinen, wenn die Erde nach Osten zu sich drehe, müsse die vom Thurm fallende Kugel gerade westlich von der Verticallinie niederfallen, weil während des Falls ja der Thurm sich nach Osten zu entfernt hätte. So würde es auch allerdings kommen, wenn die Kugel z. B. von einem Menschen, der außerhalb der Erde stände, sich also nicht mitdrehte, so daß also auch die Kugel nicht schon die Drehungsgeschwindigkeit der Erde hätte, in dem Augenblick losgelassen würde, wo die Thurmspitze unter seiner Hand sich befände. Wenn wir von der Decke eines Reithauses in dem Augenblick, wo der Reiter gerade unter uns ist, eine Kugel fallen ließen, da würde diese freilich weit hinter den Reiter fallen, weil sie jetzt keine Geschwindigkeit zur Seite hätte, also vertical herunterfiele, während ihres Falls aber der Reiter sich immer weiter von der Linie entfernen würde, in welcher die Kugel sich herabbewegt.

Eben so können wir uns leicht von folgenden Thatsachen überzeugen. Stehen wir still, werfen einen Ball vertical in die Höhe, und gehen dann fort, so fällt der Ball hinter uns. Werfen wir im Laufe den Ball gerade in die Höhe, und bleiben dann plötzlich stehen, so fällt er vor uns nieder.

Bewegt sich die Sonne um die Erde, oder nicht vielmehr umgekehrt, die Erde um die Sonne?

467.

Fanden wir uns durch die letzten Betrachtungen über die Abplattung, Pendel- und Fallversuche bewogen, unserer Erde eine untergeordnetere Stelle in dem großen Weltall anzuweisen, indem wir vernünftigerweise nicht mehr an der Rotation derselben zweifeln dürfen, so kann ich doch, auch auf die Gefahr hin, undankbar gegen die freundliche Erde, unsere Heimath, zu erscheinen, wenn ich ihr auch den letzten Trost, wenigstens unter den ihr näheren Himmelskörpern der wichtigste zu sein, mit frevelnder Hand raube, nicht umhin den Zweifel auszusprechen: ob sich denn wirklich die Sonne, dieser Koloß mit seinem ganzen Gefolge von Planeten und Trabanten, um die kleine Erde, die kaum den millionsten Theil von ihr beträgt, ob die Sonne, von deren Wohlthaten unser Leben und Gedeihen abhängt, sich wirklich in einem Jahre um uns bewege, oder ob nicht vielleicht jener Sonnenbewohner Recht hat, wenn er glaubt, er selbst stehe im Mittelpunkt des Weltalls, und die Erde umkreise ihn in 365 Erdentagen, ohne vor den andern Planeten im Geringsten etwas voraus zu haben. Liegt es doch zu nahe, daß der Kleine, Arme, Hülfsbedürftige dem Großen, Reichen, Segenspendenden folge, als daß ich es nicht wagen sollte, diesen Zweifel den freundlichen Lesern zur Prüfung vorzulegen.

Prüfung der neuen Hypothese.

468.

Daß wir uns über eine eigene Bewegung gewaltig täuschen können, ist uns durch die Betrachtungen in 447 u. ff. hinlänglich klar geworden. Wenn wir es daher auch im Allgemeinen nicht für unmöglich halten, daß wir ohne auch nur im Mindesten etwas davon zu fühlen, mit allem, was uns umgiebt, wie auf einem Feenwagen im Weltenraum umherschweifen, so müssen wir doch erst etwas näher untersuchen, ob alle Erscheinungen, wie wir sie bisher als Folge des jährlichen Sonnenlaufs erkannt hatten, auch in unserer neuen Hypothese eine hinreichende Erklärung finden.

Weg der Sonne unter den Fixsternen.

469.

Was zuerst den scheinbaren Weg der Sonne unter den Sternen anbetrifft, so sei (Fig. 118) S die Sonne, der Kreis ABC die Bahn der Erde, in der sie alljährlich die Sonne umkreist. — Befindet sich zu Frühlingsanfang die Erde in A, so trifft eine Gesichtslinie von ihr durch die Sonne, weit über diese hinaus verlängert, in das Sternbild der Fische oder den Anfang des Zeichens des Widders. Wandert

nun die Erde während des April, Mai und Juni in ihrer Bahn fort, bis sie am 21. Juni nach B gekommen, so hat auch der Gesichtsstrahl die Zeichen Widder, Stier, Zwillinge, oder die Sternbilder der Fische, des Widders und Stiers durchlaufen, und die Sonne scheint eben in das Zeichen des Krebses einzutreten. — Wissen wir nun nichts von unserer eigenen Bewegung, so werden wir den Grund des scheinbaren Fortrückens der Sonne durch die verschiedenen Himmelszeichen, wenn auch irrthümlich, in einer wirklichen Bewegung der Sonne suchen. So liegt also in dem scheinbaren Weg der Sonne in der Ekliptik am Himmel durchaus keine Entscheidung für die Frage, ob in der Ebene der Ekliptik die Sonne um die Erde, oder nicht vielmehr die Erde um die Sonne laufe. Daß uns aber der Sonnendurchmesser zu Anfang unseres Jahres größer erscheint als an andern Tagen des Jahres, am ersten Juli etwa aber am kleinsten, rührt blos daher, daß die Sonne nicht im Mittelpunkt der Erdbahn steht, und daher sich auch ihre Entfernung von Tag zu Tag ändert.

Stellung der Erdaxe.

470.

Bei diesem jährlichen Umlauf der Erde muß nun natürlich die Erdaxe immer die Stellung behalten, daß sie verlängert durch den jetzigen Polarstern geht, weil dieser bei der täglichen scheinbaren Umwälzung des Himmels immer am Endpunkte der Himmelsaxe, die ja weiter nichts ist als die Verlängerung der wirklichen Rotationsaxe der Erde, stehen bleibt, wie dies Fig. 119 darstellen würde, wo P der Polarstern, E, E′ zwei Stellungen der Erde an zwei, ein halbes Jahr von einander entfernten, Tagen sein mögen.

Da zeigt sich aber sogleich die Unhaltbarkeit unserer Hypothese! Denn wenn auch die Erde angewiesen würde, ihre Axe stets durch den Nordpol des Himmels gehen zu lassen, so wird doch diese über den Südpol verlängert im Laufe eines Jahres auf gar verschiedene Stellen des gestirnten Himmels zeigen. An dem Tage, wo die Erde in E steht, würde s, nach einem halben Jahre aber s′ der Südpol des Himmels, und eben so würden das eine Mal die Sterne a und q, das andere Mal aber a′ und q′ Punkte des Himmelsäquators sein, da dieser ja nur der Durchschnitt der erweiterten Erdäquatorebene mit dem Fixsternhimmel sein würde, — und doch bleibt nach tausendfältigen Beobachtungen auch der Südpol und Himmelsäquator Jahr aus Jahr ein unbeweglich, und wenn auch nach (310) im Laufe der Jahrtausende Nord- und Südpol und Aequator ihre Lage etwas verändern, so müßte hier die Periode der Ortsverrückung nicht 25000, sondern nur ein Jahr betragen.

471.

Wenn wir auch die Hälfte der Ortsveränderung des Südpols auf den Nordpol übertragen wollten, dadurch daß wir annähmen, die

Axe der Erde bilde mit der Ebene der Ekliptik einen Neigungswinkel von $66^1/_2{}^0$, und bleibe sich immer parallel, wie es der gleichbleibenden Schiefe der Ekliptik von $23^1/_2{}^0$ entspricht, so würde dieser (Winkel c E a oder c E′ a′ in Fig. 120) zwar sich gleichbleiben, immer aber würden, wenn E die Erde im Frühjahr, E′ im Herbste vorstellt, also E E′ 40 Millionen Meilen beträgt, die beiden Nord- oder Südpolörter nach einem halben Jahre um die einander gleichen Stücke n n′ oder s s′ am Fixsternhimmel von einander entfernt sein, während auch der Aequator im Frühling durch a q, im Herbste aber durch a′q′ ginge, — und diese Stücke n n′, a a′ würden, wenn auch nicht ganz 40 Millionen Meilen, doch immer um enorme Bogenlängen von einander abstehen.

Fragen wir aber nach der Anzahl von Graden, Minuten und Secunden, welche die Bogen n n′, a a′ enthalten, so sehen wir sogleich ein, daß wir dazu unsere Figur erst im richtigen Verhältnisse zeichnen müßten. Denn denken wir uns die Länge von E E′ gleichbleibend, dagegen den Kreis, der den Durchschnitt der Himmelskugel vorstellt, größer und größer gezeichnet, so wird zwar die Entfernung n n′, a a′ in Meilen stets fast gleich bleiben, aber dieselbe Länge wird einen immer kleinern und kleinern Theil des Himmelsumfangs ausmachen, d. h. von der Erde aus gesehen, unter einem immer kleinern und kleinern Gesichtswinkel erscheinen.

472.

Nun fällt es uns auf einmal wie Schuppen von den Augen. Zeichneten wir nur unsern Himmelsumfang so groß, daß die Entfernung E E′ von 40 Millionen Meilen nur den $(^1/_{360 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2})$sten Theil desselben ausmachte, so betrüge der Bogen von dieser Länge nur eine halbe Secunde, — eine Ortsveränderung am Himmel, die wir nicht mehr bemerken können. Es würden dann also selbst an zweien $^1/_2$ Jahr auseinander liegenden Tagen, wo offenbar der Bogen n n′ und a a′ die größten sind, weil dann auch E E′ am größten ist, die Punkte n und n′, oder a und a′ noch in einem und demselben Fixstern zusammentreffen, wie es auch die Beobachtungen zeigen.

Oben hatten wir gefunden (192), daß für die stillstehende Erde die Entfernung selbst der nächsten Fixsterne wenigstens 684000 Erdhalbmesser betragen müsse, berechnen wir uns aber den Umfang und daraus auch den Halbmesser der Himmelskugel, wie er nach unserer jetzigen Hypothese, der sich mit stets parallelbleibender Axe um die Sonne bewegenden Erde, nöthig wäre, so würden wir die kleinste Entfernung der Fixsterne zu 400000 Erdbahndurchmessern finden. — Aber selbst die Vorstellung einer Entfernung von 684000 Erdhalbmessern hat so viel Erdrückendes, daß unsere neue Annahme nichts Neues, Wunderbares, Unmögliches enthält. — Denken wir uns die nächsten Fixsterne also nur so weit, daß selbst eine Kugel von 40 Millionen Meilen Durchmesser, oder eine Länge gleich dem Durchmesser der Erdbahn wie ein Punkt dagegen zu betrachten ist, oder daß Alles, was oben (192) von dem Verhältniß der Erde zum Himmel

gesagt worden, jetzt gilt, wenn man nur an die Stelle der Erde dort eine Kugel von 40 Mill. Durchmesser setzt, so könnte, trotz der jährlichen Bewegung der Erde, wenn die Axe derselben während ihres Weges um die Sonne nur immer sich selbst parallel bleibt, diese doch immer nach demselben Nord- und Südpol des Himmels zeigen, weil dann alle Orte, wohin sie zeigt, obgleich auch sie in einem Kreis von beinahe 40 Millionen Meilen Durchmesser an der Himmelskugel liegen, scheinbar um weniger als $^1/_2$ Secunde, also außer dem Bereich unserer Messungen liegend von einander entfernt wären.

Dächten wir uns aber die Axe nicht immer sich selbst parallel bleibend, sondern in irgend einer Lage mit einer frühern auch nur einen Winkel von einer einzigen Secunde bildend, so würden die beiden Punkte n und n', nach denen sie an jenen zwei Tagen gerichtet wäre, bei jeder, auch der allergrößten Entfernung des Himmels doch noch eine scheinbare Entfernung von 1'' haben, was den Beobachtungen der Astronomen nicht entgangen wäre.

Was könnte aber wohl die Erdaxe in dieser, sich selbst immer parallel bleibenden Lage erhalten? — Es ist die Rotation der Erde. — Wissen wir doch, daß eine runde Bleischeibe, um einen senkrecht auf sie durch ihre Mitte gehenden Stift schnell, wie ein Kreisel, herumgedreht, ihre Axe so hartnäckig parallel erhält, daß man den Tisch (oder Teller), auf dem sie rotirt, ohne daß es ihre Richtung veränderte, forttragen, heben, senken und neigen kann, ja daß selbst kleine Stöße von Außen spurlos vorübergehen.

Abwechselung der Jahreszeiten.

473.

Wenn nun aber auch die Annahme, daß die Erde ihren jährlichen Umlauf um die Sonne so vollführe, daß die Axe der Erde stets sich selbst parallel, also immer $66^1/_2{}^0$ gegen die Ebene der Ekliptik geneigt bleibe, den bis jetzt betrachteten Thatsachen keineswegs widerspricht, so liegt uns doch noch die wichtige Prüfung ob, ob die Abwechselung unserer Jahreszeiten mit unserer Hypothese in gehörigem Einklang stehe.

Stelle (Fig. 121) die krumme Linie WFSHW die Erdbahn vor, wie sie einem Auge, das nur wenig über der Ebene derselben am Himmelsgewölbe sich befindet, erscheinen würde; in W befinde sich die (gegen die Erdbahn freilich viel zu groß gezeichnete) Erde am 21. Decbr. Die Axe NS' bildet mit der Ekliptikebene den Winkel NWK von $66^1/_2{}^0$, mithin die Aequatorebene AQA, die wir uns immer, so wie auch die der Ekliptik, bis zum Himmel erweitert denken müssen, mit letzterer den Neigungswinkel von $23^1/_2{}^0$ (gemessen vom Winkel QWB).

Der einzige Erdhalbmesser, der verlängert durch den Mittelpunkt der Sonne geht, ist WB; daher steht die Sonne dem Punkte B im

Zenith, welcher, $23^1/_2{}^0$ südlich von Q, ein Punkt des Wendekreises des Steinbocks St B ist.

474.

Betrachten wir nun die Mittagshöhe der Sonne für einen Ort D, von etwa 50^0 nördlicher Breite, der mit B in demselben Meridiane B Q R D liegt. Die Linie hr, welche senkrecht auf WD, in der Ebene des Meridians liegt, ist die horizontale Mittagslinie; geht daher die Linie DS nach dem Mittelpunkte der Sonne, so ist der Winkel SDr die zu messende Mittagshöhe. — Um aber die Richtung der Linie DS zu bestimmen, denken wir uns die Figur im richtigen Verhältniß gezeichnet; dann ist die Sonne etwa 24000 mal so weit von W entfernt, als der Halbmesser der Erde groß ist; in dieser Entfernung ruht aber die Sonne als eine Kugel, deren Durchmesser das 112fache des Erddurchmessers ist; ziehen wir also die Linie DS parallel mit WB, so trifft diese die Sonne in einem Punkt, der noch nicht den 112ten Theil des Sonnenhalbmessers vom Mittelpunkt der Sonnenscheibe entfernt ist. Wir werden also nur einen sehr kleinen Fehler begehen, wenn wir die Linie DS, die nach dem Mittelpunkt der Sonne gehen soll, mit WB parallel ziehen. Messen wir aber den Winkel SDr, so wird er sich, nach einer nöthigenfalls in größerem Maßstab gezeichneten Figur, $16^1/_2{}^0$ ergeben*), wie dies auch am 21. Decbr. sein muß.

Für einen Ort P im nördlichen Polarkreise geht die horizontale Mittagslinie selbst nach der Sonne, daher diese dort zur Mittagszeit grade im Südpunkte des Horizonts erscheint.

Wollte man aber vom Nordpol oder einem andern Orte der nördlich kalten Zone von N bis P eine Parallele mit WB nach der Sonne ziehen, so müßte man zuerst durch den Erdkörper hindurch, zum Zeichen, daß am 21. December für solche Orte die Sonne selbst um Mittag unter dem Horizont bleibt. Die Bewohner der Linie s'S' vom Südpol bis $66^1/_2$ südl. Breite werden aber selbst um Mitternacht noch die Sonne sehen.

Tageslängen.

475.

Um auch noch die Länge des Tages für einige Orte zu finden, denken wir uns die kreisförmige Beleuchtungsgrenze Ps', deren Ebene senkrecht steht zur Linie WB, und am 21. Decbr. grade in die Polarkreise trifft, festgestellt.

Durch den täglichen Umschwung der Erde um die Axe NS' wird

---

*) Er ist nämlich, wenn W D verlängert nach dem Zenith Z geht, gleich Z D r weniger Z D S, oder $90^0 - ZDS$, oder $90^0 - DWB$; DWB aber ist gleich DWQ, der geographischen Breite von D + QWB; also gleich $50 + 23^1/_2$ oder $73^1/_2{}^0$; also $SDr = 90 - 73^1/_2$ oder $16^1/_2{}^0$.

nun jeder Ort der Erde seinen Parallelkreis beschreiben, und so lange er dabei auf der der Sonne zugekehrten Seite der feststehenden Beleuchtungsgrenze (die wir uns, freilich etwas sehr sinnlich, als den innern Rand eines großen, die Erde umschließenden, Thores denken können) verweilt, Tag, so lange er aber auf der abgewandten Seite sich befindet, Nacht haben. Da er aber in seinem täglichen Parallelkreis mit ganz gleichförmiger Geschwindigkeit fortschreitet, so wird man das Verhältniß der Tag- zur Nachtlänge für den Ort D z. B. aus dem Verhältniß des Theils des Parallelkreises, der auf der Tagseite liegt, zu dem auf der Nachtseite befindlichen leicht ermitteln können. Wir brauchen dazu wie in (321) nur um den in x eingetheilten Parallelkreisdurchmesser DD' den Kreis zu zeichnen, durch x auf DD' eine Senkrechte zu errichten, welche den Parallelkreis in den Tag- und Nachtbogen theilt. Führen wir dies wirklich aus, so werden wir dasselbe Resultat erhalten wie oben, oder wie es die Wirklichkeit giebt.

476.

Wenden wir uns jetzt zu der Stellung der Erde in S, wie sie am 21. Juni stattfinden würde. Die Axe NS' ist der Lage der Axe am 21. Dec. parallel, die Sonne steht aber jetzt einem Punkte K des Wendekreises des Krebses im Zenith.

Der Ort D'', 50^0 nördlicher Breite, hat eine Mittagshöhe von $63\frac{1}{2}^0$, wie uns der Winkel S''D''h angiebt. Um Mitternacht gelangt D'' nach D''', der Tagbogen von D'' ist aber, wie schon das Verhältniß der Linien D''x' zu x'D''' erkennen läßt, etwa doppelt so lang als der Nachtbogen. Ferner bemerken wir sogleich, daß für alle Orte der nördlich-kalten Zone an diesem Tage die Sonne niemals untergeht, indem selbst einem Punkt unter $66\frac{1}{2}^0$ nördl. Breite, wenn er sich zu Mitternacht in P befindet, die Sonne noch immer grade im Nordpunkt erscheint. Den Bewohnern der südlich-kalten Zone aber kommt die Sonne an diesem Tage gar nicht über den Horizont, weil alle mit KS parallelen Linien, die nach der Sonne von Punkten zwischen s' und l gezogen werden, erst durch den Erdkörper dringen müßten. Nur ein Ort auf der Grenze, $66\frac{1}{2}^0$ südl. Breite, wie s' sieht grade zu Mittag die halbe Sonnenscheibe über den Horizont heraufauchen.

477.

Betrachten wir endlich noch die Stellung der Erde in H (die besonders gezeichnet ist, um die Figur nicht zu verwirren) am 23. September, so ist der einzige, nach dem Mittelpunkt der Sonne gezogene Erdhalbmesser ein Halbmesser des Erdäquators. Die Sonne steht also einem Bewohner des Aequators im Zenith, und bei dem täglichen Umschwung der Erde kommen immer andre und andre Punkte des Aequators in die Lage, wie a, daß ihnen die Sonne über dem Haupte steht, d. h. die Sonne scheint den Himmelsäquator zu durch-

laufen. Die Beleuchtungsgrenze geht durch die beiden Pole, alle Parallelkreise liegen halb auf der erleuchteten, halb auf der Nachtseite, daher jeder einzelne Punkt auf der Erde beim Durchlaufen seines Parallelkreises 12 Stunden die Sonne sieht, 12 Stunden aber ihres Anblicks beraubt ist.

Ganz dasselbe wird stattfinden, befindet sich die Erde am 21. März in F.

478.

So finden wir also alle Beleuchtungsverhältnisse wenigstens an den vier Cardinaltagen, 21. December, 21. März, 21. Juni, 23. September, durch unsre Hypothese der Wahrheit gemäß sich darstellen. Leicht können wir auch noch die Uebereinstimmung derselben für zwischenliegende Tage finden. Für einen Tag im Sommer, z. B. also eine Stellung der Erde zwischen S und H, geht eine die Mittelpunkte der Erde und Sonne verbindende gerade Linie durch Punkte der Erde, die zwischen dem Wendekreis des Krebses und dem Aequator liegen, die Sonne steht also Bewohnern des nördlichen Theils der heißen Zone im Zenith u. s. f.

479.

Sollten aber meine Leser sich die Sache nicht klar und lebhaft genug vorstellen können, um den allmäligen Uebergang von der Stellung der Erde in W zur Sonne nach F u. s. f. genau zu überblicken und zu verfolgen, so rathe ich ihnen, zu einem Modell ihre Zuflucht zu nehmen, das sie sich auch auf folgende Art etwa sehr leicht können herstellen lassen.

Auf einem Brettchen ABCD (Fig. 122) steht senkrecht der Rahmen RHM; in diesem ist eine kleine Erdkugel (oder in deren Ermangelung eine andre Kugel, ein Ball, auf welchem nur wenigstens der Erdäquator, die beiden Wende- und Polarkreise angegeben sind) um ihre Axe NS drehbar. Die Axe macht mit der Ebene des Brettchens einen Neigungswinkel von $66^1/_2{}^0$ (Winkel xSN). Um eine verticale Axe ax, die durch den Mittelpunkt der Erdkugel m gehen würde, wäre sie nicht gerade da unterbrochen, dreht sich eine Scheibe von Pappe ppee mit einem kreisförmigen Ausschnitt bgb, dessen Rand die Erdkugel bei jeder Lage der Scheibe in zwei gleiche Hälften, eine „erleuchtete" und eine „dunkle", theilt.

Zieht man sich nun auf einem horizontalen Tisch einen Kreis (Fig. 123), die Erdbahn vorstellend, in der Mitte die Sonne, und stellt die Vorrichtung (Fig. 122) immer so auf, daß x in der Kreisperipherie liegt, die Linie xSR aber in jeder Stellung einer ursprünglich angenommenen parallel bleibt, so braucht man nur jedesmal die Pappscheibe noch so zu drehen, daß ihre Ebene senkrecht zu dem Strahl von der Sonne nach ihrer — freilich ausgeschnittenen — Mitte (m) steht, um für jede Zeit im Jahre die Lage der Beleuchtungsgrenze

unmittelbar anzuschauen. Läßt man dann in Fig. 122 bei M noch ein Zifferblatt mit 24 Stunden befestigen, auf welchem ein an der Erdaxe befindlicher Zeiger herstreift, so kann man daran auch unmittelbar ablesen, wie lange ein bestimmter Punkt der Erde z. B. D von bestimmter geographischer Breite, an einem bestimmten Tage des Jahres auf der beleuchteten Hälfte der Kugel verweilt, d. h. wie groß die Tageslänge ist.

480.

Leicht können wir diese Vorrichtung auch benutzen, um das Emporkommen der Sonne über den Horizont, die Höhe, die sie erreicht, und die Himmelsgegend des Auf- und Untergangs für einen bestimmten Ort der Erde und einen bestimmten Tag des Jahres sehr deutlich zur Anschauung zu bringen.

Wir nehmen die Scheibe p p e e hinweg und stecken eine Windrose, gehörig orientirt, mit einer Nadel auf den bestimmten Ort des Erdglobus so fest, daß sie die Kugel berührt, also die Horizontalebene des fraglichen Punktes der Erde darstellt, und bringen die ganze Vorrichtung Fig. 122 in der gehörigen Lage mit dem Punkt x auf den fraglichen Tag in Fig. 123. In der geraden Linie, die von der Mitte der Windrose, also dem Stand des Beobachters, mit der Linie von m (dem Erdmittelpunkte) nach der Sonne, also mit der Ebene des Tisches, parallel geht, fixiren wir einen Punkt, der die Sonne vorstellt*), der Horizontscheibe so nahe, daß beim Umdrehen des Globus diese ihn beinahe berührt, und drehen nun den Globus um seine Axe.

Monderscheinungen.

481.

Eben so werden wir uns auch bald überzeugen, daß die Erscheinungen, die der Mond uns darbietet, und die wir uns früher erklärten in dem Glauben, die Erde stehe still, ganz dieselben bleiben müssen, wenn wir uns jetzt denken, die Erde wandre mit der ganzen Mondbahn fort, in welcher der Mond, unbekümmert um die Ortsveränderung der Erde, in 27 Tagen 7 St. 43 M. 11½ S. um diese seinen Umlauf vollendet, — etwa wie Jemand auf dem Verdeck eines fortsegelnden Schiffes ungestört durch diese Bewegung des ganzen Bodens immer im Kreise um den Mast gehen kann.

482.

Betrachten wir zuerst den Mond in Beziehung auf seinen scheinbaren Weg unter den Fixsternen, so sehen wir augenblicklich, daß wenn

*) Z. B. ein Siegellackknöpfchen an einem biegsamen Draht, der in M H von Fig. 122 befestigt ist.

der Himmel so weit entfernt ist, daß die ganze Erdbahn nur als Punkt gegen ihn zu betrachten ist, der scheinbare Mondlauf am Himmel derselbe bleiben muß, sobald nur die Mondbahn beim Fortsegeln des Erdschiffs nicht auf- und niederschwankt, sondern immer in paralleler Lage bleibt.

483.

Für die gegenseitige Lage von Sonne, Mond und Erde aber denken wir uns nur einmal in Fig. 151 sei E die Erde, m der Mond, der in der Richtung des Pfeils die Mondbahn ms..o durchläuft; S' die Sonne — in einer bestimmten Stellung zu einander, z. B. bei Neumond; der Gesichtsstrahl von E über S' treffe etwa den Regulus. Nach unserer früheren Vorstellungsweise würde in etwa 17 Tagen die Sonne in S stehen, also etwa 17^0 ihres Umlaufs vollendet haben, der Mond unterdessen aber in seiner Bahn nach o gekommen sein, wo er — in seinem Phasencyclus zwischen Vollmond und letztem Viertel — beim Fixstern F zu stehen scheint.

Denken wir statt dessen, aus der ursprünglichen Lage E, m, S' von Erde, Mond und Sonne habe die Erde mit ihrer Mondbahn den Bogen E E', der natürlich dem Bogen S'S vollkommen gleich wäre, durchlaufen, und der Mond sei während dessen in seinem Kreislauf um die Erde nach o' gekommen, die Sonne aber an ihrer Stelle in S' geblieben. —

Ziehen wir E' m' parallel mit Em, so geht E'm' noch durch denselben Fixstern, bei dem der Mond vor 17 Tagen gestanden. — Der Winkel m E' S' ist 17^0, weil E'm' parallel ES' ist (36), also steht die Sonne 17^0 links von Regulus. — Da ferner der Bogen m' o' offenbar so groß, wie mo ist und E'm' parallel Em war, so ist auch E'o' parallel Eo; der Mond scheint also nach 17 Tagen, aus E' gesehen, bei demselben Fixstern F zu stehen, wie für ein Auge in E. — Auch ist der Winkel S'E'o' offenbar dem SEo gleich. —

Daher haben Erde, Sonne und Mond nach 17 Tagen genau dieselbe Stellung zu einander, mag man sie an den Orten E, S o, oder in E', S' o' denken, und zu den Fixsternen eine zwar etwas veränderte, aber von der Erde aus mit den feinsten Instrumenten nicht zu unterscheidende Lage.

484.

Was wir aber hier für eine neue Stellung nach 17 Tagen geltend machten, gilt natürlich für jedes andre Zeitintervall.

Daher lassen sich auch alle unsre Monderscheinungen eben so gut durch Annahme der ruhenden Sonne und der fortwandernden Erde erklären, wie wir sie früher für die feste Erde und die sich fortbewegende Sonne uns deutlich machten, sobald wir nur die Erde sammt der Mondbahn als fest verbundenes Ganzes ohne Auf-

und Niederschwanken in immer paralleler Lage um die Sonne ziehen lassen.*) —

485.

Betrachten wir hierbei den wirklichen Weg des Mondes im Raume, so ist dieser eine Art Schlangenlinie, die sich in fast 13 Windungen um die reine Bahnlinie der Erde schlingt. Denn ist (Fig. 138) S die Sonne, der Kreis darum die Erdbahn, m aber der Mond zur Zeit eines Vollmondes, so wird beim nächsten Neumond die Erde um ein Bedeutendes in ihrer Bahn fortgeschritten sein; der Mond wird also dann in m′ sich befinden. Steht der Mond aber nach Verlauf eines ganzen synodischen Umlaufs wieder der Sonne gegenüber, so wird er, mit der Erde im Weltraum weiter gezogen, in m″ stehen, — und dieser Cyclus sich stets wiederholen. Nur werden meine Leser leicht bemerken, daß in der Figur die Biegungen der schlangenförmigen Mondbahn im Raum viel zu stark angegeben sind. — Die größte Entfernung derselben von dem Kreise, der die Erdbahn vorstellt, dürfte nur $^1/_{400}$stel der Entfernung von S nach der Erde, und nur etwa $^1/_{100}$ von der Länge einer Windung, betragen.**)

Scheinbarer Planetenlauf am Himmel.

486.

Zuletzt wollen wir noch versuchen, ob der scheinbare Lauf der Planeten am Himmel, wie er sich von der um die Sonne ziehenden Erde aus darstellen würde, mit den Beobachtungen, wie sie (429—434) beschrieben sind, zusammenstimmt.

Wir wählen hier Mercur und Mars, und nehmen der Einfachheit wegen nur Rücksicht auf den Gang der Planeten nach Osten und Westen in der Ekliptik, ihre „Länge“ ***) (d. h. wir projiciren den wirklichen scheinbaren Planetenweg auf die Ekliptik).

---

*) Dieselbe Figur kann auch noch dienen, um zu zeigen, wie sich bei unsrer neuen Hypothese der Unterschied zwischen Sonnen- und Sternzeit eben so leicht darstellt, wie bei der alten Annahme. — Wie? mögen meine Leser selbst versuchen.

**) Die Länge der Erdbahn von m bis m″ ist etwa $^1/_{13}$ von der Erdbahnlänge, die gegen 65 bis 66 Millionen Meilen enthält, also ungefähr 5 Millionen Meilen, während der Durchmesser der Mondbahn nur 50000 Meilen beträgt.

***) Oben (303) erwähnten wir die Lagenbestimmung eines Sterns am Himmel durch Rectascension und Declination, so wie früher (148) durch Azimuth und Höhe. Hier ist es bequemer sie auf die Ekliptik und einen Anfangskreis, der auf dieser senkrecht steht, und durch den Frühlingspunkt geht, zu beziehen. Der Abstand von der Ekliptik — nördlich oder südlich — in Graden heißt die Breite des Sterns; der Abstand des durch ihn (und den Pol der Ekliptik) gehenden Breitenkreises vom Anfangsbreitenkreis in

487.

Bezeichne (Fig. 144) S die Sonne, der nächste Kreis, mit einem Halbmesser von 8 Maßeinheiten (deren jede eine Million Meilen vorstellt) beschrieben, die Bahn Mercurs, auf die Ekliptikebene projicirt, der folgende mit einem Halbmesser von 21 (Millionen Meilen) gezogen die Erdbahn. Die Punkte a und a', die mit S in gerader Linie liegen, stellen die wahren Orte der Erde und Mercurs im Augenblick einer oberen Conjunction, ferner die Zahlen im inneren Kreise die wahren Orte Mercurs, die im 2ten Kreise die der Erde nach je $7^1/_4$ Tagen (welchen Zeitraum wir Kürze halber eine „Woche" nennen wollen) vor. — Mercur wird nach 12 solchen Wochen, d. h. nach 88 Tagen einen ganzen Umlauf um die Sonne, die Erde aber nach $12^3/_5$ „Wochen" etwa ein Viertel ihres Umlaufs vollendet haben. —

488.

Was nun die scheinbaren Orte der Sonne am Himmelsgewölbe anlangt, so finden sie sich allemal da, wo der Strahl von einem wahren Ort der Erde über S verlängert dasselbe trifft; daher sind die Zahlen in EK (der Ekliptik) die scheinbaren Sonnenorte nach 1, 2, 3 ꝛc. „Wochen" in ihren richtigen Bogenabständen.

Eben so würden wir auch die scheinbaren Mercurorte am Himmel da finden, wo eine gerade Linie von einem wahren Erdort nach dem gleichzeitigen Mercurort gezogen und bis zum Himmel verlängert diesen trifft. Indessen sehen wir leicht ein, daß dann die Mercurorte, auf einen so kleinen Kreis EK, durch den wir hier den Himmel repräsentiren müssen, nicht in richtiger gegenseitiger Lage und auch nicht in verhältnißmäßig richtigen Bogenabständen zu den gleichzeitigen Sonnenorten aufgetragen würden.

Denn denken wir uns z. B. die Erde im Punkt t, Mercur in m, so werden wir von t nach S und von t nach m Linien ziehen und finden, daß Mercur um den Winkel Stm, der etwa 16° beträgt, rechts von der Sonne steht. Die tm trifft nun verlängert unsere EK etwa in 9, die tS aber in 13, und der hier sich ergebende scheinbare Abstand in EK, nämlich Bogen 13. 9, (oder Winkel 13. S. 9) wäre viel zu groß, fast 30°. Der Grund ist leicht zu sehen. Der Himmel sollte eigentlich seinen Mittelpunkt in t haben, hat ihn aber hier in unserer Zeichnung in S*). — In der Wirklichkeit ist aber

---

Graden — seine Länge (in directer Richtung, von West nach Ost bis 360° gezählt). Es entsprechen sich also:

Horizont	Zenith	Südpunkt	Azimuth	Höhe
Aequator	Nordpol	Frühlingspunkt	Rectascension	Declination
Ekliptik	N. Pol d. Ekliptik	Frühlingspunkt	Länge	Breite.

*) Einmal, weil nach unserer neuen Hypothese die Sonne doch eigentlich Mittelpunkt des Weltalls sein soll, und dann weil wir sonst für jeden andern Erdort einen andern Kreis als Himmel zeichnen müßten.

der Himmel so weit entfernt, daß es einerlei ist, ob wir in S oder t seinen Mittelpunkt denken, d. h. auch aus S würde der Bogen am Himmel zwischen den zwei scheinbaren Orten von Sonne und Mercur noch unter demselben Winkel erscheinen wie in t. Wir müssen daher den scheinbaren Mercurort in E K nur um einen Bogen von 16° vom Sonnenort entfernt, wie er in t wirklich erscheint, auftragen. Dies erreichen wir, wenn wir mit der tm durch S eine Parallele S m' ziehen. Dann ist der Winkel s' S m' gleich St m (36) und der Punkt, in welchem S m' die E K trifft, der scheinbare Mercurort, in richtiger Bogenentfernung von 13, dem Ort der Sonne.

489.

Um also die scheinbaren Mercurorte in den kleinen Kreis E K, dessen Mittelpunkt S ist, in richtig verhältnißmäßigem Abstand zu den Sonnenorten und dadurch auch unter sich aufzutragen, haben wir die Figur so gezeichnet: Von den wahren Erdorten sind Linien durch S nach E K gezogen, die also die gleichzeitigen scheinbaren Sonnenörter am Himmel angeben. Eben so sind Strahlen von den wahren Erdorten nach den gleichzeitigen wahren Mercurorten, und mit jeder solchen Linie sogleich eine Parallele durch S gezogen. Diese letzteren treffen die E K in den richtigen scheinbaren Mercurorten. Um indessen die Folge der scheinbaren Mercurorte leichter zu übersehen, so sind diese nicht in die E K selbst, sondern daneben in die punktirte Linie geschrieben, in welchen also die Zahlen 1' 2' 3' u. s. w. den scheinbaren Mercurort nach 1, 2, 3 ... „Wochen" bezeichnen.

490.

Nun können wir den scheinbaren Gang Mercurs am Himmel verfolgen und mit dem der Sonne vergleichen.

Betrachten wir Mercur zuerst allein, so sehen wir ihn von A aus, dem Augenblick einer oberen Conjunction in directer Bewegung (von West nach Ost) mit ziemlich großen Schritten einherwandeln, die aber bis nach 6' hin immer kleiner werden. Bei $6'^{1}/_{3}$ steht er zuerst still. Nun beginnt er seine rückgängige Bewegung, die im Anfang langsam, immer schneller wird, um wieder abzunehmen, bis er bei $9'^{2}/_{3}$ seinen 2ten Stillstand erreicht hat, nach welchem er wieder in directer Bewegung vorwärts zieht. — Die Zeit seiner Rückgängigkeit dauert von $6'^{1}/_{3}$ bis $9'^{2}/_{3}$, also $3^{1}/_{3}$ „Wochen" oder 23 Tage, während welcher er den Bogen $6'^{1}/_{3}$ ... $9'^{2}/_{3}$ von 13° durchläuft. In die Mitte dieses Rücklaufs fällt seine untere Conjunction. — Nach 16 „Wochen" (116 Tagen) tritt seine 2te obere Conjunction ein, von welcher dieser Cyclus von Neuem, wie von A, beginnt.

491.

Vergleichen wir jetzt auch seine Stellungen zur Sonne, so eilt er ihr von A, der oberen Conjunction an, wo seine Schritte größer

als die der Sonne sind, (als Abendstern) nach Osten zu immer mehr vor*), d. h. sein östlicher Abstand von ihr wächst, bis seine abnehmenden Schritte zwischen 4′ und 5′ denen der Sonne wieder gleich geworden, er also hier seinen größten Abstand von der Sonne erreicht hat. Dieser beträgt, wie wir am Winkel $4'^1/_2$ S $4^1/_2$ messen, 22^0. Seine directen Schritte werden jetzt immer kleiner und kleiner bis zu seinem Stillstand in $6'^1/_3$, wo er noch 18^0 östlich von der Sonne steht. Wegen seiner nun retrograden Bewegung nähern sich Sonne und Mercur sehr schnell, bis dieser in 8′ (als Neumercur) mit der Sonne in unterer Conjunction steht. Nun erscheint er als Morgenstern auf der westlichen Seite der Sonne, von der er sich rasch entfernt. Bei seinem Stillstand steht er wieder etwa 18^0 von ihr. Bei seiner nun beginnenden directen Bewegung macht er noch kleinere Schritte als die Sonne, daher sein Abstand noch wächst, bis er zwischen 11′ und 12′ seinen größten westlichen Abstand erreicht, der jetzt, da seine Schritte wieder größer werden als die der Sonne, abnimmt; weßhalb er sich dieser nähert, bis er sie endlich in der 2ten oberen Conjunction wieder eingeholt hat.

Zur Uebersicht stellen wir uns noch hin:

Mercur steht	östlich von der Sonne.			Westlich von der Sonne.			
in der	v. Conj.	g. Abst. v. ☉	1. Stst.	u. Conj.	2. Stst.	g. Abst. v. ☉	v. Conj.
nach	0	33	$46^1/_2$	58	$69^1/_2$	83	116 Tg.
Zwischenzeit	33	$13^1/_2$	$11^1/_2$	$11^1/_2$	$13^1/_2$	33	Tg.
Abst. v. ☉	0^0 wchst.	22^0 n. ab	18^0 n. ab	0^0 wchst.	18^0 wchst.	22^0 n. ab	0
Schritte ☿	(gr.) nh. (= d. ☉)	ab 0 wchs.	(gr.) n. a.	0 wach-	(= d. ☉)	sen.	(gr.)
	Directe Bewegung.		Rückgängige Bewegung.			Directe Bewegung.	

492.

Ebenso wollen wir auch noch in Fig. (145) den scheinbaren Marslauf am Himmel verfolgen, wobei wir wieder blos auf seine Bewegung in östlicher und westlicher Richtung (seine Länge) Rücksicht nehmen.

Sei wieder S die Sonne, der innere Kreis die Erdbahn, ihr Halbmesser = 21; die Zahlen darin auf einanderfolgende Erdorte in Intervallen von $30^1/_2$ Tagen, die wir „Monate" nennen wollen.

Der 2te Kreis mit einem Radius = 32 beschrieben sei die Marsbahn (auf die Ekliptikebene projicirt), die Zahlen darin die mit gleichen Zahlen in der Erdbahn gleichzeitigen Marsörter. Der äußerste Kreis, die Ekliptik vorstellend, enthält die scheinbaren Sonnenörter, die punktirte Linie aber die scheinbaren Orte des Mars, wieder so gefunden, daß mit jeder Linie von einem Erdort nach dem gleich-

---

*) Die punktirte Linie ist hier, so lange Mercur scheinbar östlich von der Sonne steht, außerhalb, so lange er westlich von ihr sich befindet, innerhalb **E K** gelegt.

zeitigen wahren Marsort eine Parallele durch S gezogen wurde, bis diese den äußern Kreis traf.

In A stehen Sonne und Mars scheinbar zusammen. Von da geht Mars direct, aber langsamer als die Sonne, bleibt also immer weiter nach Westen zu zurück. Nach $11^3/_5$ Monaten (354 Tagen) tritt der erste Stillstand ein. Die Sonne steht scheinbar in S', Mars scheinbar in M', der Bogen S' M' oder Winkel S' S M' ist 137°. Der wahre Ort der Erde ist t, der des Mars m und der Winkel S t m = 137°.

Nun geht Mars retrograd, wobei sein westlicher Abstand von der Sonne immer mehr und schnell wächst, bis er nach $12^4/_5$ Monaten (390 Tagen) in Opposition steht. Sein scheinbarer Ort ist p, der der Sonne So. Der Abstand beider 180°. — Da er von hier, der Mitte seiner rückgängigen Bewegung, in dieser fortfährt der Sonne entgegen zu gehen, also sein westlicher Abstand von dieser größer als 180 wird, so sagen wir besser, er befinde sich jetzt auf der östlichen Seite der Sonne. — Dieser östliche Abstand nimmt jetzt rasch ab, weil sich Sonne und Mars entgegenrücken, bis dieser nach 14 Monaten (427 Tagen) in M'' seinen 2ten Stillstandspunkt erreicht hat. Die Sonne scheint in S'' zu stehen, und Bogen S'' M'' oder Winkel S''S M'', eben so Winkel S 14 14* (zwischen den wahren Orten) ist 137°. Nun fängt Mars wieder an, erst langsam, dann immer schneller, direct zu gehen. Da er aber immer kleinere Schritte macht als die Sonne, so wird er von dieser immer mehr und mehr eingeholt, bis er in der 2ten Conjunction in b nach $25^3/_5$ Monaten (780 Tagen) wieder mit ihr zusammensteht. Wir stellen hier wieder zusammen:

Mars steht	westlich von der Sonne.		Oestlich von der Sonne.		
in der	Conj.	1 Stillst.	Oppos.	2 Stillst.	Conj.
nach	0	353½	390	426½	780 Tgn.
Zwischenzeit	353½	36½	36½	353½	Tgn.
Abst. v. ☉	(0°) nimmt	(137°) zu	(180°) nimmt	(137°) ab	(0°)
Schritte ♂	(größt.) nehmen ab	0 wchs.	(größt.) nehm. ab	0 wachs.	(größt.)

493.

Ich würde meinen Lesern rathen, um recht vertraut hiermit zu werden, noch für Venus und etwa Jupiter ähnliche Figuren zu entwerfen. — Dann werden sie sich überzeugen, daß sich auch der scheinbare Planetenlauf nach unserer neuen Hypothese nicht blos der Art nach, sondern auch mit den Zahlenwerthen*), wie diese sich aus den in (429—434) angeführten Beobachtungen gefunden, übereinstimmend erklären läßt.

---

*) Diese Zahlenwerthe sind übrigens nur die Durchschnitts (mittleren)-Werthe, da die wahren einige Grade und Tage um diese auf- und abschwanken können.

Beweis für den Umlauf der Erde um die Sonne.

Aberration.

(494.)

Haben wir uns nach dem Vorigen hinlänglich überzeugt, daß alle Erscheinungen, die wir früher aus der jährlichen Bewegung der Sonne entsprungen ansahen, sich eben so gut durch die weit wahrscheinlichere Annahme eines Umlaufs der Erde um die Sonne erklären lassen, so wird es zur Befestigung unserer Ueberzeugung noch wesentlich beitragen, eine Thatsache kennen zu lernen, die uns direct auf eine Bewegung der Erde hinweist und nur in ihr eine vollständige Erklärung findet.

Im Anfange des vorigen Jahrhunderts unternahm es ein englischer Astronom, J. Bradley, den Beweis für den Umlauf der Erde durch Beobachtung des gestirnten Himmels direct aufzusuchen. — Wenn wir nämlich zu verschiedenen Zeiten im Jahr an so weit entlegene Orte des Weltalls gelangen, dachte er, so muß die scheinbare Entfernung zweier Sterne größer sein, wenn wir ihnen näher sind, kleiner aber werden, wenn wir uns von ihnen entfernen; auch muß, falls die Fixsterne, wie es doch so wahrscheinlich ist, ungleich weit von uns entfernt sind, die Gestalt einer Gruppe von Sternen sich ändern, wenn wir selbst den Ort der Beobachtung verändern, gleichwie die Bäume eines Waldes oder Gartens in andere Stellungen zu einander treten, sobald wir vorwärts oder zur Seite gehen. —

(495.)

Indessen blieben seine Bemühungen ohne Erfolg, wie wir dies schon (188) angedeutet haben. — Daraus hätte er vielleicht einen Beweis für den Stillstand der Erde gezogen, hätte er nicht gleich bedacht, daß die Fixsterne nur zu entfernt von uns zu sein brauchten, als daß er die, vielleicht doch wirkliche, nur wegen der großen Entfernung zu kleine, Gruppirungsveränderung mit seinen Instrumenten noch merken könnte; und hätte er nicht zugleich in der sogenannten Aberration eine andere Erscheinung entdeckt, die durch ihre periodische Wiederkehr nach Verlauf eines Jahres den Zusammenhang mit einer jährlichen Bewegung der Erde ihm zu bestimmt vor Augen gehalten hätte.

Er besaß ein festgemauertes Fernrohr mit Mikrometer (70 ff.), das ungefähr nach dem Zenith gerichtet war, und in welchem alltäglich beim scheinbaren Umschwung des Himmels ein Stern im nördlichen Drachen, der nicht sehr weit vom Pol der Ekliptik steht, erschien. Diesen beobachtete er täglich, wenn es die Witterung zuließ, mehrere Jahre hindurch, und zwar allemal in dem Augenblick, der haarscharf 24 Sternstunden von dem Augenblick der Beobachtung am vorhergehenden Tage entfernt war, so daß also sein Fernrohr in allen

Beobachtungsmomenten, trotz der Rotation der Erde, immer einerlei (unter sich parallele) Stellung hatte. Da erschien aber der Stern nicht jedesmal an demselben Punkte im Fernrohr. Als er nun diese Orte im Fernrohr ein Jahr hindurch aufzeichnete, fand sich, daß sie in einem Kreise lagen, dessen Durchmesser, wie sein Mikrometer angab, 40 Bogensecunden betrug. Dieser scheinbare Kreislauf des Sterns mußte eine wirkliche Kreisbewegung zum Grunde haben, entweder des Sterns oder der Erde; da ihre Periode aber genau ein Jahr betrug, so konnte sie am natürlichsten nur in der Erde gesucht werden. — Nun schien die Sache sehr einfach:

Denn ist (Fig. 124) S der Stern, fast senkrecht über der Ekliptikebene, in der der Erdbahndurchmesser F H liegt, F das Fernrohr z. B. zu Frühlingsanfang, H im Anfang des Herbstes, in einander parallelen Stellungen, so fallen die Lichtstrahlen vom Stern an entgegengesetzte Enden b, d eines Fernrohrdurchmessers, wie Fig. 125 zeigt, wo b c d e die Erdbahn, S die Sonne, die kleinen Kreise aber die Gesichtsfelder des Fernrohrs sind, in welchen p allemal der Ort ist, wohin der Lichtstrahl von dem, senkrecht über der Kreisebene befindlichen, Sterne fällt.

Vergleichen wir diesen Ort p mit der Stellung zur Sonne, so ergiebt sich leicht, daß er allemal an der Stelle des Fernrohrfeldes liegen mußte, die von der Sonne am weitesten entfernt ist.

(496.)

Das aber fand Bradley gerade anders. Der Ort des Sterns im Fernrohr lag wie a allemal so zur Sonne, daß die Linie vom Sonnen- zum Fernrohrmittelpunkt m, und von m nach a, einen rechten Winkel bildete, in dem Sinne aber, wie es die Parallaxe des Fixsterns erfordert hätte, nämlich in gerader Linie von der Sonne weg, wurde der scheinbare Ort des Sterns im Fernrohr gar nicht geändert. — Der Stern hat also keine Parallaxe, oder ist so weit entfernt, daß 2 Linien selbst von entgegengesetzten Enden eines Erdbahndurchmessers nach ihm so gut wie parallel sind, oder daß von ihm aus gesehen der ganze Erdbahndurchmesser verschwindet, d. h. daß seine scheinbare Länge weniger als $^1/_2$″ beträgt.

Dabei blieb aber jene andere Veränderung des Sternorts im Fernrohr immer noch ein Räthsel, bis es Bradley's Scharfsinn gelang, die Lösung desselben in der gleichzeitigen Bewegung des Lichtes im Weltraum und der Erde in ihrer Bahn um die Sonne aufzufinden.

Geschwindigkeit des Lichts.

(497.)

Wir haben oben (433) die Trabanten Jupiters kennen gelernt, und gesehen, wie sie noch weit häufiger als unser Mond Verfinsterun-

gen erleiden. Man hatte bald erkannt, wie wichtig ihre Eintritte in den Schatten des Hauptplaneten oder Austritte aus demselben als plötzliche Phänomene (216) für die Bestimmung der geographischen Länge, namentlich zur See, seien und suchte deshalb aus lange fortgesetzten Beobachtungen die Momente jener Verfinsterungen auch für die Zukunft voraus zu bestimmen.

Aber sonderbar, das wollte in den meisten Fällen nicht genau passen, die Verfinsterungen traten nicht genau in dem voraus berechneten Augenblick ein. Beobachtete man z. B. zwei aufeinander folgende Austritte eines z. B. des ersten Trabanten aus dem Jupiterschatten kurz nach der Opposition und berechnete aus der Zwischenzeit (ungefähr 42 Stunden) zwischen diesen, unter der Voraussetzung, daß von jedem Austritt zum nächsten immer gleiche Zeit verfließe, den Moment eines Austritts kurz vor der Conjunction, so verspätete sich dieser um fast 16 Minuten, — ebenso aber erfolgte ein Eintritt in den Schatten kurz vor der Opposition 16 Minuten früher, als die Rechnung gab, wenn man von einem Eintritte kurz nach der Conjunction aus gezählt hatte.

Ein Däne, Olav Römer, erklärte diese Thatsache auf die genügendste Weise: Das Licht, das zwar alle auf der Erde denkbaren Entfernungen mit Blitzesschnelle durchläuft, so daß es, auch vom entlegensten Orte ausgehend, in demselben Momente gesehen wird, in dem es entsteht, bedarf allerdings einer Zeit zur Fortpflanzung, und zwar, da Jupiter zur Zeit der Conjunction uns um den ganzen Durchmesser der Erdbahn, also 40 Millionen Meilen, ferner ist, als in der Opposition (wie uns ein Blick auf die Fig. 126 zeigt), der Unterschied in Zeit der beobachteten Finsternisse für jene beiden Stellungen von Erde und Jupiter aber 16 Minuten beträgt, so bedarf das Licht 16 Minuten, um 40 Millionen Meilen zu durchlaufen. — Diese Geschwindigkeit, 41000 Meilen in der Secunde, ist natürlich zu groß, um für irdische Entfernungen, — für 41 Meilen nur $^1/_{1000}$ Secunde — noch meßbar zu sein. —

(498.)

Diese Thatsache benutzte Bradley zur Erklärung jener merkwürdigen Erscheinung, indem er sagte: Sei (Fig. 127) f a x r ein ruhendes Fernrohr, S m aber ein Lichtstrahl vom Stern S, der durch die Axe des Rohres geht, also in die Mitte m des Gesichtsfeldes desselben trifft. Bewegt sich nun das Fernrohr in der Richtung des Pfeils und zwar so, daß es in derselben Zeit, welche der Lichtstrahl gebraucht, das Fernrohr zu durchlaufen, um a m vorschreitet, so wird der Lichtstrahl nicht nach m, sondern hinter m nach a eintreffen, — gerade wie ein Stein, in dem Augenblick losgelassen, wo ein Mensch sich vertical darunter befindet, weit hinter denselben niederfallen wird, wenn dieser sich vorwärts bewegt, während er gewiß getroffen worden wäre, wäre er ruhig an seinem Platze geblieben.

Bewegt sich also die Erde in ihrer Bahn um S (Fig. 125) und zwar in jedem Punkte in einer Richtung, die senkrecht ist zu der Linie von der Sonne nach der Erde, so entläuft sie gleichsam dem Lichtstrahl, der also, statt in m in das Fernrohr zu treffen, nach a gelangt. Stände die Erde still, so würde der Lichtstrahl natürlich ungehindert nach m gelangen. Dasselbe würde selbst stattfinden, wenn sich die Erde fortbewegte, wenn sie nur allemal in dem Augenblicke ruhte, wo der Lichtstrahl durch das Fernrohr geht.

(499.)

Diese Ansicht Bradley's ließ sich auch augenblicklich prüfen. Die Weite m a nämlich, um welche der Lichtstrahl hinter m eintrifft, wird sich nach dem Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichtes und der Erde in ihrer Bahn richten; je größer oder kleiner letztere bei gleichbleibender Geschwindigkeit des Lichts wird, desto größer oder kleiner wird die Entfernung m a ausfallen.

Nun war die Geschwindigkeit des Lichtes in 1 Secunde 41000 Meilen; die der Erde um die Sonne aber (wie man leicht findet, da der Umfang eines Kreises von 40 Mill. Meilen in 365 Tagen ꝛc. durchlaufen wird) in 1 Secunde $4^{7}/_{10}$ Meilen. Die Linie o m (Fig. 127) muß sich also zu m a verhalten, wie 41000: $4^{7}/_{10}$. Zeichnet man sich nun das rechtwinklige Dreieck o m a mit diesem Verhältniß seiner Seiten, so wird man darin den Winkel m o a 20″ finden. Gerade so hatte ihn aber Bradley durch Beobachtung gefunden, denn (495) gab sein Mikrometer für den Durchmesser a x des während eines Jahres vom Bilde des Sterns im Fernrohr durchlaufenen Kreises 40, also für a m 20 Secunden.*)

Diese Uebereinstimmung der nach Bradley's Erklärung aus ganz anderen Daten hergeleiteten Entfernung m a mit der beobachteten, so wie der einfache Grund, warum S m und a m immer einen rechten Winkel bilden, nöthigt uns die Ueberzeugung von der Richtigkeit der Bradley'schen Erklärung auf.

(500.)

Uebrigens ist die bisher betrachtete Erscheinung, die den Namen Aberration (Abirrung) des Lichtes erhielt, nicht blos auf den Stern im Drachen nahe beim Pol der Ekliptik beschränkt; es zeigen sie alle Himmelskörper, nur die an andern Stellen des Firmaments mit eini-

*) Erinnern wir uns dabei, daß ein Mikrometer ja so eingerichtet ist, daß es die scheinbare Entfernung zweier Punkte (S und S′) oder den Winkel SoS′, der nach (34) mit aom einerlei ist, durch die Entfernung der Bilder dieser Punkte im Fernrohr angiebt. Eigentlich sollte der Scheitel, o, des Winkels SoS′ im Auge liegen, bei der unermeßlichen Entfernung des Himmels ist aber das ganze Fernrohr als mit dem Auge in einem Punkte zusammenfallend zu betrachten.

gen Modificationen, wie sie nach der Erklärung Bradley's von der Aberration auch vorauszusehen waren.

Ein Stern x z. B. in der Ekliptik (die mit der Ebene des Papiers [Fig. 125] zusammenfällt) wird folgende Erscheinungen zeigen: Befindet sich die Erde in 1 (Fig. 125) in gerader Linie zwischen Sonne und Stern, so ist die Richtung ihrer Bahn senkrecht zu der Linie vom Sterne nach dem Mittelpunkt des Fernrohrs, der Stern wird also statt im Punkte m des Gesichtsfeldes, im Punkte a erscheinen, der 20 Secunden von m entfernt ist. Ist die Erde in 2 angelangt, so wird ein Lichtstrahl vom Stern unabgelenkt in den Punkt m treffen, weil das Fernrohr sich mit der Erde in derselben Richtung wie der Strahl fortbewegt. Bewegt sich nach einem Vierteljahre die Erde in 3 aber wieder senkrecht zum Lichtstrahl von dem Sterne, so wird das Bild desselben in dem, auch 20 Secunden von m, aber nach entgegengesetzter Richtung wie in 1 entfernten, Punkt a erscheinen, bis es für den Augenblick, wo die Erde in 4 ist, wieder in m sich befinden muß, weil dort die Richtung der Erdbewegung wieder mit dem Gesichtsstrahl dieselbe Richtung hat. Der jährliche Weg des Sternbildes im Fernrohr wird sich also als gerade Linie (Fig. 129) darstellen, es wird von a_1 durch m nach a^3, und wieder zurück durch m nach a_1 u. s. f. wandern.

Leicht werden sich meine Leser nun auch überzeugen, daß das Bild eines Sternes, der zwischen der Ekliptik und dem Pol derselben steht, einen Mittelweg, — weder eine gerade Linie (Fig. 129), wie für einen Stern in der Ekliptik, noch einen reinen Kreis (Fig. 128), wie für einen Stern am Pol der Ekliptik — einschlagen werde, d. h. daß es eine Ellipse (Fig. 130) durchwandern müsse, die um so schmäler wird, je näher der Stern der Ekliptik liegt, aber stets eine große Axe von 40″ scheinbarem Durchmesser hat.

Man vergesse nur nie, sich recht lebendig vorzustellen:

Daß das Fernrohr unverrückbar feststeht, und allemal blos nach Verlauf von genau 24 Sternstunden, d. h. einer vollen Rotation der Erde beobachtet wird, wo also allemal das Fernrohr wieder eine der früheren parallele Richtung hat.

Daß die Strahlen von einem Stern nach allen Punkten der Erdbahn wegen der unermeßlichen Entfernung der Sterne als parallel anzusehen sind, weil die ganze Erdbahn vom Stern aus nur als Punkt erscheinen würde.

Daß die Aberration dadurch hervorgebracht wird, daß, während der Lichtstrahl vom Objectiv des Fernrohrs bis zum Auge gelangt, die Mitte des Fernrohrfeldes durch die Bahnbewegung der Erde seine Stelle ändert.

(501.)

So belehrte uns also Bradley's Entdeckung der Aberration über drei der wichtigsten Thatsachen. „Sie überzeugte uns erstlich, daß

die Fixsterne keine meßbare Parallaxe haben, oder daß selbst die ganze Erdbahn nur als ein Punkt gegen die unermeßlichen Räume zu betrachten ist, welche jene Gestirne von uns trennen, wodurch wir den ersten würdigen Begriff von der Größe des Universums erhalten haben; sie gab uns ferner die vollkommene Bestätigung einer der größten Entdeckungen, die der menschliche Geist je gemacht hat, der genauen Messung der Geschwindigkeit des Lichts, und lieferte uns endlich einen der stärksten Beweise für die jährliche Bewegung der Erde."

Noch eine weitere Bestätigung des Umlaufs der Erde um die Sonne s. (506.)

Wahres Sonnensystem.

502.

Können wir also jetzt keinen Zweifel mehr hegen, daß die Erde eine an sich dunkle Kugel sei, und innerhalb eines Jahres in einer kreisförmigen Bahn unmittelbar um die Sonne laufe, wobei sie (in 24 Stunden) um eine Axe rotire, die $66\frac{1}{2}$ Grad gegen die Ekliptikebene geneigt ist, und sich selbst immer parallel bleibt, d. h. daß sie auch zu den Planeten gehöre, so wird es am rechten Orte sein, die ganze Familie von Himmelskörpern, die die Sonne als ihren Centralkörper umkreisen, noch einmal in ihrer Gesammtheit kurz zu übersehen.

Zunächst um die Sonne wandert Mercur, dann folgt Venus, die Erde mit ihrem Trabanten dem Monde, Mars, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, Jupiter mit 4, Saturn mit 7 Satelliten und seinem Ringe, zuletzt Uranus mit 6 Trabanten. Jeder der 11 Hauptplaneten bewegt sich unmittelbar um die Sonne, die 18 Trabanten unseres Sonnensystems aber nur mittelbar, indem sie zunächst nur ihren Hauptplaneten als Centralkörper umkreisen, und nur mit diesem um die Sonne geführt werden.

Meine Leser mögen sich die Mühe nehmen, diese Anordnung unseres Sonnensystems in richtigem Verhältniß der Entfernungen der Planeten von der Sonne (mit Hülfe der Uebersichtstabelle) sich selbst darzustellen. —

So hatte schon Copernicus in der 1. Hälfte des 16. Jahrhunderts die Anordnung unsers Sonnen- und Planetenstaates gelehrt (natürlich mit Ausnahme der ihm noch unbekannten Planeten, Vesta, Juno, Ceres, Pallas und Uranus) und diese Ansicht gegen die herrschende Meinung, selbst der gelehrtesten Männer, die sich mit dem allem Scheine so schnurstracks entgegenlaufenden Glauben, daß die Erde in doppelter Hinsicht — um ihre Axe und um die Sonne — beweglich sei, nicht befreunden wollten, mit Standhaftigkeit behauptet. Deshalb trägt ihm zu Ehren diese Anordnung auch noch den Namen des Copernicanischen Sonnen- oder Planetensystems.

Andere Weltsysteme.

(503.)

Nur langsam und unter vielen Schwierigkeiten kämpfte sich diese richtige Anschauung der Weltordnung durch. Selbst am Ende des 16. Jahrhunderts stellte der berühmteste und größte Astronom seiner Zeit, Tycho Brahe, die Erde wieder als Popanz ihrer eigenen Wichtigkeit unbeweglich (auch ohne Rotation) in den Mittelpunkt des Weltalls*). Um sie läuft nach ihm zunächst der Mond und dann die Sonne, in wirklichen Schraubengängen, vergl. (317), um welche dann die übrigen Planeten sich herumbewegen.

(504.)

Vor Copernicus war das von Claudius Ptolemäus (150 n. Chr.) aufgestellte, nach ihm das Ptolemäische genannte Planetensystem das allgemein geglaubte. — Nach ihm steht die Erde unbeweglich im gemeinschaftlichen Mittelpunkt von 11 Kreisen. Um sie liefen zunächst der Mond, dann Mercur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Der 8te Kreis war die Bahn der Fixsterne, der 9te und 10te Kreis hatten das Amt, das Vorrücken der Nachtgleichen zu reguliren, während der letzte alle übrigen in 24 Stunden um die Erde führen mußte. — Zur Erklärung des abwechselnden Vor- und Rückwärtsgehens, so wie des Stillstands der Planeten, die sich doch nun einmal um die Erde als Centralkörper, und doch auch wieder in Kreisen und zwar mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegen sollten (aus keinem andern Grunde, als weil die Erde der wichtigste Himmelskörper, der Kreis aber die vollkommenste aller Linien sei), nahm Ptolemäus seine Zuflucht zu der unglücklichen, obgleich scharfsinnigen Hypothese der Epicykel. Der Planet lief in einem Kreise, dem Epicykel, regelmäßig um einen beweglichen Mittelpunkt, welcher letztere in einem Kreise (dem leitenden Kreise) sich um die Erde bewegte. Die Umlaufszeit der Planeten in ihrem Epicykel war ihre synodische (432) Revolution, die des Mittelpunkts des Epicykels um die Erde, bei Mars, Jupiter und Saturn, die siderische Umlaufszeit dieser Körper um die Sonne, bei Venus und Mercur unser Jahr. So ließen sich die rohesten Erscheinungen allerdings darstellen. Die kleineren Unregelmäßigkeiten des Planetenlaufes aber wollten nicht recht damit zusammenstimmen, so daß man oft 2 oder 3 Epicykel zu Hülfe rufen, ja endlich ihre Anzahl in's Abenteuerliche vergrößern mußte. — In Fig. 146 bewegt sich, als Beispiel, Mars in einem Epicykel um c, c in einem 2ten Epicykel um e, und e endlich im leitenden Kreis

---

*) Sei es aus Eitelkeit, wie man ihm Schuld giebt, der Erfinder eines neuen Systems zu sein, oder wohl eher, weil er glaubte bei der jährlichen Bewegung der Erde eine Parallaxe der Fixsterne entdecken zu müssen, die er aber nicht fand.

um die Erde. Einige Astronomen zu Alexandria in Aegypten brachten die Veränderung an, daß sie Mercur und Venus, gleichsam als Trabanten der Sonne, diese umkreisen ließen, weil sich sonst nicht gut erklären ließ, warum diese beiden Planeten nie mit der Sonne in Opposition gesehen werden. — Dieses ägyptische System konnte sich aber nie zu einiger Geltung erheben. — Die Fig. 146 bis 149 stellen diese 4 Systeme zusammen. —

Kepler's Gesetze der Planetenbewegung.

505.

Fast ein Jahrhundert nach Copernicus geschah durch Joh. Kepler wieder ein Riesenschritt in der Astronomie. Dieser Mann, der sein ganzes Leben in der drückendsten Armuth zubrachte, beschäftigte sich 17 Jahre in unermüdlicher Ausdauer mit der Sichtung der zahlreichen Beobachtungen seines Vorgängers Tycho Brahe, die letzterer auf der großartigen Sternwarte Uranienburg (auf der dänischen Insel Hveen) und später in Prag angestellt hatte. Kepler war innigst überzeugt von der Wahrheit des Copernicanischen Systems, fand aber bald, daß die Annahme vollkommener Kreisbahnen der Planeten mit den Beobachtungen nicht recht zusammenstimmen wollte. Durch die mühseligsten Rechnungen fand er endlich folgende drei Gesetze der Planetenbewegung, die unter dem Namen der drei Kepler'schen Gesetze bekannt sind „und den Namen des großen im Leben verkannten Mannes mit unverlöschlicher Flammenschrift am Firmament aufzeichnen":

1) Alle Planeten und Trabanten bewegen sich in Ellipsen, die Planeten zunächst um die Sonne, welche in dem einen Brennpunkt der Planetenbahnen steht, die Trabanten unmittelbar um ihre Hauptplaneten, so daß letztere auch wieder in dem einen Brennpunkt der elliptischen Trabantenbahnen sich befinden.

2) Jeder einzelne Planet läuft nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um die Sonne, sondern bald schneller bald langsamer. Diese Ungleichförmigkeit der Bewegung ist dabei aber nicht regellos, sondern an folgendes Gesetz gebunden. Sei (Fig. 131) S die Sonne im einen Brennpunkt der elliptischen Planetenbahn P, p′, p″, p‴ ..... A, so denke man sich den fortwandernden Planeten stets mit der Sonne durch eine gerade Linie (den sogenannten Radius vector) verbunden. Sind nun p′, p″, p‴ die Orte des Planeten in seiner Bahn allemal zu Anfang einer beliebigen Zeiteinheit, z. B. einer Stunde, oder einer Minute, so haben die Figuren PSp′, p′Sp″, p″Sp‴, p‴Sp^{IV}, u. s. w., gleichen Flächeninhalt (s. 125). Wegen der bis A zunehmenden Länge dieser dreieckähnlichen Figuren, die den Namen (elliptische) Sectoren führen, ist dies nicht anders möglich, als daß die Linien Pp′, p′p″, p″p‴ ꝛc. bis nach A hin abnehmen, d. h. daß die Bewegung des Planeten da, wo die Linien PS, p′S ꝛc. am klein-

sten sind, am schnellsten ist, um von da allmälig bis nach A hin abzunehmen. Man sieht leicht, daß die Stellen P und A der größten und kleinsten Geschwindigkeit oder des kleinsten und größten Abstandes von der Sonne in der Axe der Ellipse liegen; sie führen den Namen Sonnennähe oder Perihelium und Sonnenferne oder Aphelium (vergl. 391).

Gewöhnlich drückt man dies Gesetz so aus: In gleichen Zeiten werden vom Radius vector gleiche Sectoren beschrieben.

3) Zwischen den Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne und den Entfernungen der Planeten von ihr besteht die merkwürdige Beziehung, daß wenn man für je 2 Planeten die Zahl der Tage ihrer Umlaufszeit mit sich selbst multiplicirt, man 2 Zahlen, Z und z, erhält, und ebenso, wenn man die Zahl der Meilen der Entfernung von der Sonne mit sich selbst, und die entstandenen Producte nochmals mit der Entfernung multiplicirt, man 2 Zahlen E und e findet, und daß dann immer

$$Z : z = E : e \text{ ist.} —$$

So ist die Umlaufszeit des Mars etwa 687 Tage, also (687 mal 687) oder $Z = 471969$, die des Mercur etwa 88 Tage, also (88 mal 88) oder $z = 7744$. — Ferner die Entfernung des Mars von der Sonne im Durchschnitt etwa $31\frac{1}{2}$ Mill. Meilen, also $31\frac{1}{2}$ Mill. mal $31\frac{1}{2}$ Mill. mal $31\frac{1}{2}$ Mill. Meilen, oder $E = 31256$ Trillionen, die Entfernung Mercurs von der Sonne aber etwa 8 Mill. Meilen, also 8 Mill. mal 8 Mill. mal 8 Mill. oder $e = 512$ Trillionen.

Nun ist $471969 : 7744 = 31256 : 512$ eine Proportion, deren Richtigkeit bekanntlich dann dargethan ist, wenn 471969 mal 512 gleich 7744 mal 31256 ist.

Da der Einfachheit der Rechnung wegen diese Angaben nur näherungsweise, in runden Zahlen, angenommen wurden, so darf man auch eine haarscharfe Uebereinstimmung nicht erwarten. Diese würde aber alsogleich hervorgehen, wenn man sich die Mühe nehmen wollte die Umlaufszeiten bis auf Minuten und Secunden, die Entfernung aber bis auf Meilen genau in Rechnung zu bringen.

Die Zahlen Z und z nennt man die Quadrate der Umlaufszeiten; E und e aber die Würfel der (mittleren) Entfernungen. Daher wird dies Gesetz gewöhnlich so ausgesprochen:

Die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich wie die Würfel der mittleren Entfernungen.

506.

Das dritte Kepler'sche Gesetz giebt auch noch eine neue Bestätigung für den Umlauf der Erde um die Sonne.

Nimmt man nämlich 1) die Entfernung eines Planeten, z. B. Mars (oder Venus ꝛc.), so wie 2) der Erde von der Sonne und 3) die Umlaufszeit des Mars (Venus ꝛc.), als bekannt an, und sucht

aus diesen 3 Angaben als 4tes Glied die Umlaufszeit der Erde, so findet man diese genau 365 Tage ꝛc., unserem Jahre, gleich.

Auch dient dieses Gesetz, um die Entfernung der ferneren Planeten, wie Saturn, Uranus, von der Sonne aus ihrer Umlaufszeit, der Entfernung und der Umlaufszeit eines andern Planeten, z. B. der Erde, genauer als durch unmittelbare Messungen zu finden.

507.

Um nun wenigstens eine Idee zu erhalten, wie Kepler diese Gesetze der Planetenbewegungen finden konnte, können wir uns der Einfachheit wegen etwa vorstellen S (Fig. 131) sei die Erde, um die sich der Mond in der Bahn P p′ ꝛc. bewegt, — denn die Trabanten verhalten sich zu ihren Planeten gerade wie diese zur Sonne als ihrem Centralkörper, — und nun habe Kepler aus den Beobachtungen Tycho's erstens die Winkel P S p′, p′ S p″, p″ S p‴ u. s. w. gefunden, welche allemal 2 Gesichtsstrahlen von uns nach 2 aufeinander folgenden Orten des Mondes an der Himmelskugel machen, an denen der Mond, von Stunde zu Stunde etwa, sich befindet, sodann aber auch allemal den scheinbaren Durchmesser des Mondes an jedem Punkte P, p′, p″, ... seiner Bahn erfahren. — Aus den Aenderungen des scheinbaren Durchmessers konnte er nun genau die verhältnißmäßigen Entfernungsveränderungen des Mondes von der Erde darstellen. Zeichnete er also um einen Punkt S (Fig. 131) zuerst alle Linien S P, S p′ ꝛc., in ihrer richtigen Lage, wie sie nach den Mondorten von Stunde zu Stunde hinweisen, nahm dann in einer beliebigen Weite von S einen Punkt P an, so konnte er nach Maßgabe der scheinbaren Durchmesser auf jeden Strahl S p, S p′ u. s. w. den Punkt p, p″.... in seiner verhältnißmäßigen Entfernung von S auftragen, und so seine Fig. 131 der Natur ähnlich zu Stande bringen. Daran konnte er dann finden, daß die krumme Linie, in welcher alle diese Punkte P, p′, p″ ꝛc. lagen, kein Kreis, sondern eine Ellipse sei. Ebenso konnte er auch sein zweites Gesetz hieran noch entdecken.

508.

Das 3te Gesetz fand er aber durch Probiren und Vergleichen der Zahlen, die die Entfernung der verschiedenen Planeten von der Sonne ausdrückten.

Diese Entfernungen ermittelte er aus den Tychonischen Beobachtungen auf ähnliche Weise, wie oben (377) für den Mond angegeben worden. Sei nämlich (Fig. 89) K die Sonne, M ein Planet, S und C 2 Orte der Erde in ihrer Bahn zu 2 Zeitpunkten, welche genau um die Dauer einer siderischen*) Revolution des Planeten M von ein-

*) Die Dauer eines siderischen Umlaufs, oder die Zwischenzeit zwischen 2 Zeitpunkten, in denen der Planet von der Sonne aus gesehen bei demselben Fixstern erscheint, konnte Kepler finden, indem er aus den Tychonischen

ander entfernt sind, so daß also der Planet bei beiden Beobachtungen, aus S und C, an demselben Punkt des Himmels stand, so konnte Kepler das Viereck M S K C der Natur ähnlich zeichnen, da ihm die 2 Beobachtungen die Winkel K C M und K S M gaben, und aus der Zwischenzeit der beiden Beobachtungen der Winkel S K C, und endlich auch die beiden Linien S K und C K bekannt waren. — Letztere kannte er zwar nicht genau in geographischen Meilen, indessen bedurfte er das auch zu seinem 3ten Gesetze gar nicht, wo alles nur auf das Verhältniß der Entfernungen unter einander ankam. Nahm Kepler z. B. den Erdbahnhalbmesser zu 8 oder 10 Millionen Meilen statt zu 21 an, so brauchen wir uns unter seinen Meilen nur ein größeres Längenmaß vorzustellen, von welchem 8 oder 10 so lang wie 21 der unsrigen wären. —

Allgemeine Schwere.

509.

Hatte Kepler nun auch die Art, wie die Planetenbewegungen vor sich gehen, genau ermittelt, so war er doch noch keineswegs damit zufrieden. Es schien ihm zu menschlich, der ewigen Größe und Einfachheit der Natur zu wenig angemessen, zu glauben, daß der Schöpfer den Planeten von Anfang an drei einzeln dastehende Verhaltungsregeln bei ihrer Wanderung gegeben habe; er war innigst überzeugt, daß diese nur drei verschiedene Aeußerungen einer und derselben noch tiefer liegenden Grundursache, nur Ausflüsse eines weit allgemeinern Gesetzes seien. Aber vergebens bemühte er sich noch in seinen letzten Lebensjahren, den Zusammenhang seiner drei Gesetze aufzufinden. Erst ein Jahrhundert später gelang es dem Riesengeiste Newton's in der allgemeinen Schwere das eine, große, einfache Naturgesetz zu erkennen, das alle Trabanten, Planeten und Sonnen in ihren Bahnen erhält, das alle bisher bekannten Erscheinungen am Himmel erklärte, und durch alle, seit seiner Entdeckung bis auf den heutigen Tag gemachte, Beobachtungen nur auf's Neue bestätigt wird, ja oft sogar Veranlassung zu neuen Entdeckungen ward. Oftmals nämlich fanden denkende Männer durch eine Reihe folgerichtiger Schlüsse, daß die allgemeine Schwere auch diese oder jene, bis dahin noch unbekannte Erscheinung bedingen müsse, und siehe da, als man geeignete Anstalten traf, sie aufzusuchen, so fand man sie auch so.

Beobachtungen die Augenblicke zweier aufeinanderfolgender (bei Venus und Mercur, oberer) Conjunctionen — wo also der Planet von der Sonne betrachtet bei demselben Fixstern zu stehen scheint, bei welchem wir die Sonne sehen, aufsuchte. Aus dem Bogen am Himmel zwischen den beiden scheinbaren Planetenorten, von der Sonne aus gesehen, und der Zwischenzeit zwischen diesen beiden Zeitpunkten konnte er leicht die Zeit finden, die gerade zu einem ganzen Umlauf um die Sonne erforderlich war.

510.

Newton sei — erzählt man sich — mit dem Gedanken an die wunderbare Bewegung der Himmelskörper beschäftigt, in seinem Garten spazieren gegangen, als er plötzlich einen Apfel von einem Baume habe fallen sehen. Da habe er sich gefragt, wo denn wohl die Grenze der Wirksamkeit für jene Kraft sei, die den Apfel zur Erde zieht.— Reichten die Zweige des Baums bis zu einer Höhe, die der Entfernung des Mondes von der Erde gleich käme, fiele wohl der Apfel auch noch zur Erde? Und wenn, warum fällt der Mond nicht? Verliert sich aber irgendwo zwischen Erde und Mond diese Kraft, so daß sie gar nicht bis an den Mond reicht, was fesselt dann unsern Begleiter so eng an die Erde, warum bewegt er sich da nicht weit von uns weg in den Weltraum hinein? Wir haben oben (450 ꝛc.) die Bewegung einer geschwungenen Bleikugel kennen gelernt; wodurch wurde diese denn in ihrer kreisförmigen Bahn erhalten? Es war die stetige Wirkung zweier sich feindlich gegenüberstehenden Kräfte, der Centripetalkraft und der Schwungkraft, die sich aus einem einmaligen Stoß zur Seite entwickelte.

511.

Ganz ebenso, schloß Newton vielleicht, geht auch die Bewegung des Mondes vor sich. Erhielt dieser im Uranfang aller Dinge, wer weiß woher, einen Stoß oder Zug senkrecht zu der Linie von ihm nach unserer Erde, so würde dieser den Mond bis in die Ewigkeit in geradliniger Bewegung in der Richtung jenes Zuges forttreiben. Reicht aber die Schwerkraft der Erde bis zu dem Monde, so wird er beständig von seiner geradlinigen Bahn abgelenkt. So ist es also höchst erklärlich, was den Mond gleichsam trägt, daß er frei im Weltenraum schwebt, weder wie der Stein aus der Schleuder weit fortfliegt von der haltenden Erde, noch auch in immer schneller werdendem Falle sich auf diese stürzt. Es ist die Schwerkraft der Erde, und die aus der immer fortdauernden Wirkung eines einmaligen Impulses zur Seite sich stets neu entwickelnde Schwungkraft.

512.

Freilich müßte die Natur das Verhältniß der Stärke dieser 2 Kräfte haarscharf abgewogen haben, daß es keiner gelingt, die andre zu überwinden. Werfen wir einen Stein von der Höhe eines steilen Abhangs horizontal über die Tiefe, so fliegt er eine Strecke weit fort, senkt sich aber immer mehr und gelangt, wenn auch erst in beträchtlicher Entfernung, in einer bogenförmigen Bahn zur Erde. Hier ist offenbar die anziehende Kraft der Erde zu überwiegend, sie überwindet, wenn auch nur allmälig, die Bewegung, die die Kraft unseres Armes dem Stein nach horizontaler Richtung gegeben hatte. Schössen wir aber eine Kanonenkugel ab, so würde diese in weit beträchtlicherer

Entfernung zu Boden fallen, und könnten wir nur die Kraft des Pulvers um das Tausendfache verstärken, so ist kein Zweifel, die Kugel würde immer weiter und weiter von unserem Standpunkte aus zu Boden fallen, zuletzt sogar erst 5400 Meilen weit, d. h. sie würde einmal um die ganze Erde herumfliegen, ja bei noch verstärkterer Ladung selbst ein Paar Mal die Erde umkreisen, ehe sie den Boden erreichte. Mit einem weit schwächeren Pulver würden wir aber dasselbe erreichen, wenn es nur in unserer Macht stünde, die anziehende Kraft der Erde zu verringern, so daß sie unsre Kugel, statt in einer Secunde um 15 Fuß, etwa nur um ein Paar Linien an sich ziehen könnte.

Vielleicht daß in der weiten Entfernung des Mondes diese anziehende Kraft der Erde wirklich abnimmt, wie es doch so natürlich erscheint? Dann könnte ein verhältnißmäßig weit geringerer Impuls im Anfang aller Dinge dem Mond für ewige Zeiten ein hinreichendes Bestreben, in der Tangente seiner Bahn fortzufliegen, ertheilt haben, also Ursache der steten Schwungkraft (Fliehkraft) sein, die im ewigen Kampfe mit der Anziehungskraft der Erde den Mond in seiner Bahn erhält. Wirkte aber auch die Schwerkraft der Erde ungeschwächt auf den fernen Mond ebenso als wenn er auf der Erde läge, so konnte die allmächtige Natur den, dann nothwendigen, stärkern Stoß ebenso gut hervorgebracht haben.

513.

Uebrigens konnte Newton sich darüber leicht Gewißheit verschaffen, ob der Mond wirklich in der Secunde auch 15 Fuß, wie jeder Körper auf der Oberfläche der Erde, oder weniger fällt. Ist nämlich (Fig. 132) E die Erde, M M′ ein Stück der Mondbahn, welches der Mond in 1 Secunde durchläuft, so würde dieser in M angekommen, wenn jetzt plötzlich die Schwerkraft der Erde vernichtet würde, in der Tangente seiner Bahn nach T gelangen; von der Erde aber angezogen kommt er wirklich nach M′; die Linie M′T ist also der Weg, um den er in einer Secunde zur Erde fällt. Da wir nun die Länge E M′, und bei der bekannten Umlaufszeit des Mondes auch den Winkel M E M′ oder den Bogen M M′ kennen, so sind wir im Stande, die Fig. 132 in richtigem Verhältniß zu zeichnen und also die Linie M′T in Fußen, Zollen und Linien zu messen. Newton fand auf ähnliche Art M′ T zu $^3/_5$ Linien, so daß also der Mond nur den 3600sten Theil des Raumes durchfällt, den er durchfallen würde, wenn er auf der Oberfläche der Erde, also dem Mittelpunkt der Erde 60 mal näher wäre als jetzt.

514.

Die Schwerkraft der Erde nimmt also wirklich in größeren Entfernungen ab, und zwar nach dem vorliegenden Beispiel so, daß in der 60fachen Entfernung vom Mittelpunkt der Erde die Wirkung der-

selben nur den 3600sten (d. h. 60 mal 60sten) Theil von der Stärke in der einfachen Entfernung beträgt. — Sollten diese Zahlenverhältnisse vielleicht mehr als blos zufällig sein, und in andern Fällen, wenn ein Körper 2, 3, 10, 20 Erdhalbmesser von uns entfernt ist, auch in einer Secunde etwa nur den (2 mal 2, 3 mal 3, 10 mal 10, 20 mal 20), d. h. den 4ten, 9ten, 100sten, 400sten Theil von den 15 Fuß durchfallen, die er in der einfachen Entfernung d. h. auf der Oberfläche der Erde fällt?

515.

Denken wir uns — freilich etwas sehr sinnlich für jenes unsichtbare Wesen, das wir mit dem Namen Schwerkraft belegen, dessen Existenz aber durch seine Wirkung unabweisbar dargethan wird —, es gehe diese Kraft, ähnlich wie das Licht von einem leuchtenden Punkte, strahlenförmig nach allen möglichen Richtungen vom Mittelpunkt der Erde aus, so würde von O (Fig. 133) aus auf eine bestimmte Oberfläche z. B. ein Quadrat a b c d in einer bestimmten Entfernung O p eine bestimmte Anzahl solcher Strahlen treffen und also die Fläche mit einer bestimmten Kraft anziehen. Würden diese Strahlen verlängert, bis sie eine in doppelter Entfernung O P aufgestellte Tafel träfen, so würden die äußersten Strahlen, die auf die Grenze der Tafel a b c d fielen, aus jener zweiten Tafel auch ein Quadrat A B C D ausschneiden, dessen Fläche (2 mal 2 d. h.) viermal so groß wäre als a b c d*); — wäre aber die Fläche 3 mal so weit entfernt als a b c d, so würde das Quadrat (3 mal 3 oder) 9 mal so groß sein als a b c d u. s. f.

Man hat demnach:

In der 1fachen Entfern. Op fällt eine bestimmte Anzahl Strahlen auf die 1fache Fläche
" " 2 " " OP " dieselbe Anzahl Strahlen auf die 4 " "
" " 3 " " " " " " " " 9 " "
" " 4 " " " " " " " " 16 " "
u. s. f.

Zertheilen wir nun jedes Quadrat in lauter, dem einfachen Quadrat a b c d, gleiche Flächen, so erhalten wir:

In der 1fachen Entfern. fällt eine bestimmte Anzahl Strahlen auf die 1fache Fläche
" " 2 " " " nur $\frac{1}{4}$ dieser Strahlen auf dieselbe 1fache Fläche
" " 3 " " " " $\frac{1}{9}$ " " " " " "
" " 4 " " " " $\frac{1}{16}$ " " " " " "
u. s. f.

Die Anziehung einer Fläche, die wir uns nach der Anzahl der auf sie fallenden Strahlen sich richtend denken, wird also:
in der 2fachen Entfernung (2 mal 2) oder 4 mal so klein

---

*) In dem Dreieck O A C, in welchem a c parallel mit A C und O A 2 mal so lang als O a ist, findet sich auch immer A C doppelt so groß als a c; wäre O A dreimal, viermal ꝛc. so groß als O a, so würde auch A C dreimal, viermal ꝛc. länger sein als a c — und nun vergleiche (126).

in der 3fachen Entfernung (3 mal 3) oder 9 mal so klein
„ „ 4 „ „ (4 mal 4) „ 16 „ „ „ u. s. f. sein
als in der einfachen Entfernung.

Daher werden wir es sehr natürlich finden, daß oben die anziehende Kraft der Erde auf den Mond in der 60fachen Entfernung (60 mal 60 oder) 3600 mal so klein ist, als sie sein würde, wenn der Mond in der einfachen Entfernung schwebte, d. h. auf der Oberfläche der Erde läge.

Diese Vermuthung, daß die Anziehungskraft der Erde mit wachsender Entfernung abnimmt, und zwar nach dem eben angeführten Gesetz: „in der n*) fachen Entfernung ist die Anziehung (n mal n) mal so klein als in der einfachen," hat man durch sehr sorgfältige Beobachtungen mittels Pendelschwingungen (s. 461) auch auf der Oberfläche der Erde bestätigt gefunden, indem das Pendel auf hohen Bergen z. B., also in größerer Entfernung vom Erdmittelpunkt als auf dem Meere, langsamer schwang, und zwar ganz genau obigem Gesetze gemäß.

516.

Da wir uns aber natürlich denken müssen, daß von jedem materiellen Punkte eines Körpers ein solcher Büschel anziehender Strahlen ausgehe, so sind wir auch genöthigt anzunehmen, daß die Gesammtwirkung der Anziehung zweier Körper auch um so größer werden wird, je mehr materielle Punkte in den Körpern vorhanden sind, d. h. je größer die sich anziehenden Massen sind.

517.

Eine ähnliche Gedankenreihe, wie wir sie (509 bis 516) angeführt haben, mochte Newton durchlaufen haben, als er den großen Gedanken faßte, daß jene anziehende Kraft sich wohl nicht blos auf die Erde und den Mond beschränke, sondern eine allgemeine Eigenschaft jeglicher Materie im Weltraum sei, und daß diese allgemeine Schwere allein nicht nur die kugelähnliche Gestalt aller Himmelskörper, so gut wie die eines jeden Wassertropfens, bedinge, sondern daß sie sie auch in ihren Bahnen erhalte, so gut wie sie dem fallenden Stein seinen Weg anweist; daß also die Bewegung der Weltkörper nur die Folge des Gehorsams sei, den sie alle jenem ursprünglichen durch alle Jahrtausende bestehenden Machtbefehle leisten:

„Jeder materielle Punkt strecke ewig nach allen Richtungen in's Unendliche seine unsichtbaren Fangarme aus."

---

*) Für n kann man jede beliebige Zahl nehmen, 2, 3, $4\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{3}$ ꝛc. ꝛc. Ist n z. B. $1\frac{1}{30}$, so heißt es: in der $1\frac{1}{30}$fachen Entfernung ist die Anziehung $1\frac{1}{30}$ mal $1\frac{1}{30}$ oder $1\frac{61}{900}$ mal so klein als in der einfachen. Die Zahl (n mal n) heißt das Quadrat von n.

Gesetz der allgemeinen Schwere.

518.

Das Newton'sche Gesetz der allgemeinen Schwere ist nun noch einmal bestimmt ausgesprochen folgendes: 1) Sind zwei Himmelskörper A und B eben so weit von einander entfernt, wie zwei andere C und D, sind aber die Massen von A und B zusammen 2, 3, 5, 100 mal so groß als die Massen von C und D zusammen, so ist auch die Anziehungskraft zwischen A und B 2, 3, 5, 100 mal so groß als zwischen C und D, oder da die Körper frei sind, so werden sich in einer Secunde A und B um 2, 3, 5, 100 mal so viele Zolle nähern als C und D.*) Kurz ausgedrückt:

Bei gleichen Entfernungen verhalten sich die Anziehungskräfte wie die Massen.

2) Haben aber zwei Himmelskörper A und B zusammen dieselbe Masse, wie zwei andere C und D, sind aber A und B 2, 3, 5, 100 mal so weit von einander entfernt, als C und D, so nähern sich auch A und B in einer Secunde um (2 mal 2), (3 mal 3), (5 mal 5), (100 mal 100) so wenig Zolle, als C und D**). Gewöhnlich ausgedrückt:

Bei gleichen Massen verhalten sich die Anziehungen umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernung.

3) Sind aber die Massen von A und B sowohl als auch ihre Entfernung von einander von den Massen von C und D und deren Entfernung verschieden, so sind beide Fälle zugleich zu berücksichtigen.

Sind z. B. die Massen von A und B zusammen 12 mal so groß als die von C und D,

die Entfernungen zwischen A und B aber 5 mal so groß als zwischen C und D,

so denken wir uns 2 Massen a und b, so weit von einander entfernt, wie A und B, also 5 mal so weit, als C und D, aber so groß wie C und D, also 12 mal so klein, als A und B. Dann ist (nach 2) die Anziehung zwischen a und b nur der 25ste Theil von der zwischen C und D; nach 1) aber die Anziehung zwischen A und B 12 mal so groß als zwischen a und b. Daher die Anziehung zwischen A und B 12 mal der 25ste Theil oder $^{12}/_{25}$ von der zwischen C und D.

519.

Zur Probe seiner Vermuthung dachte sich Newton nun das Gesetz der allgemeinen Schwere im Uranfange aller Dinge von der Na-

---

*) Also auch, wenn A und C gleichweit von D entfernt sind, A und D aber 2, 3 ꝛc. mal so viel Masse haben als C und D, so ist die Anziehung von A und D 2, 3 .... mal so groß wie die zwischen C und D.

**) Also auch, wenn dieselben Körper A und B jetzt 2, 3 ꝛc. mal so weit von einander entfernt sind als ein ander Mal, so ist ihre Annäherung in einer Secunde das erste Mal 4, 9 mal ꝛc. so klein als das andere Mal.

tur gegeben und von allen Planeten blindlings befolgt, und untersuchte durch folgerichtige Schlüsse und Rechnungen, von denen wir hier freilich nicht einmal eine Idee geben können, die Bewegungen der Himmelskörper, wie jenes Gesetz sie hervorgebracht haben würde, — und siehe, er fand die Kepler'schen Gesetze.

Störungen.

520.

Seit Newton's*) Zeit bis auf den heutigen Tag hat man nach und nach viele kleine Abweichungen der Planetenbewegungen von den Kepler'schen Gesetzen aufgefunden, aber sie alle finden bis auf das Genaueste ihre Erklärung in Newton's „allgemeiner Schwere", so daß jede neue Entdeckung einer solchen Abweichung, weit entfernt jenes große einfache Naturgesetz umzustoßen, nur eine neue Bestätigung für die Wahrheit desselben gewesen ist.

Diese kleinen Abweichungen, welche nur erst mit Hülfe sehr genauer Meßinstrumente zu entdecken möglich war, führen den Namen Störungen. Daß sie vorhanden sein mußten, ließ sich auch, ehe sie wirklich beobachtet worden, aus dem Gesetz der allgemeinen Schwere leicht darthun.

Da nämlich jeder Körper jeden andern nach Maßgabe seiner Masse und seiner Entfernung anzieht, so wird ein bestimmter Planet nicht blos von der Sonne angezogen werden, sondern auch die andern Himmelskörper werden ihre Wirkungen auf ihn äußern. Dadurch muß seine rein elliptische Bahn, die er beschreiben würde, wenn blos er und die Sonne allein im Weltraum schwebten, Modificationen erleiden, indem ihn von den übrigen Planeten, je nach deren momentanen Lagen und Stellungen zu ihm, der eine noch mehr zur Sonne hinzieht, der andere ihn von ihr zu entfernen strebt, dieser ihn über, jener unter seine Bahn treibt.**)

521.

Indessen ist dieser sogenannt störende Einfluß der übrigen Himmelskörper auf einen Planeten nur klein, weil die Masse aller übri-

---

*) Ich würde meinen Lesern rathen, die Lebensumstände unserer 4 großen Männer, Copernicus, Tycho, Kepler und Newton, wenigstens im Conversationslexicon nachzulesen. Nicht ohne Theilnahme werden sie Kepler's und Newton's Schicksale vergleichen, von denen ersterer in tiefster Armuth und Noth starb, während Newton im Leben und Tode den Königen gleichgeachtet wurde.

**) Die „Störungen" verletzen also keineswegs die Ordnung des großen Weltorganismus, der eben — durch ein einziges Gesetz geregelt und bestimmt — als Muster der vollkommensten Harmonie und höchsten Einfachheit dasteht. Nur die Bequemlichkeit unserer Rechnungen und unsere beschränkte Auffassungsweise, wenn sie nicht das Ganze, sondern blos einen Theil des großen Ganzen berücksichtigen will, wird gestört.

gen Körper unseres Sonnensystems gegen die Masse der Sonne nur gering ist; — alle Planeten zusammengeballt betragen ja kaum den 500sten Theil der Sonne. Daher ist es natürlich, daß der Wille des übermächtigen Herrschers, der Sonne, noch so bestimmt und unverkennbar durchleuchtet. Denn wenn auch die weit schwächeren Unterthanen auf ihre nächsten Umgebungen, wie die Erde auf alles, was auf ihr lebt, einen gewaltigen Einfluß üben, so ist dieser auf weitere Kreise doch nur gering und schwer zu erkennen. Hätte unser Sonnenstaat nicht gerade diese monarchische Einrichtung, wer weiß, in welchen verwickelten Bahnen sich die Himmelskörper umkreisten, — und nie wäre es wohl einem Kepler gelungen, die Durchschnittsrichtung dieser Bahnen zu finden, noch einem Newton geglückt, den einen allmächtigen Grundgedanken, der das ganze Weltsystem in ewiger Ordnung zusammenhält, herauszufinden. — Gehört es doch jetzt schon zu den schwierigsten aller Aufgaben, diesen wechselseitigen Einfluß der beweglichen Weltkörper auf einander haarscharf zu bestimmen.

Periodische, säculare Störungen.

(522.)

Um nun wenigstens eine, wenn auch nur oberflächliche Idee von einzelnen Störungen zu erhalten, wollen wir vorerst im Allgemeinen die 2 verschiedenen Arten derselben kennen lernen, in die man sie geschieden hat. Betrachten wir z. B. Jupiters störenden Einfluß auf die Erde, so sehen wir leicht, daß Jupiter in den so verschiedenen Stellungen, die er zu der Verbindungslinie zwischen der Sonne und Erde haben kann, auch einen sehr veränderlichen Einfluß auf die Erde äußern müsse, — daß aber eine bestimmte Stellung der 3 Weltkörper nach einem gewissen Zeitraum von Jahren einmal wiederkehren werde, um den ganzen Cyclus der verschiedenen Stellungen von Neuem zu durchlaufen. Daher werden die verschiedenen kleinen Aenderungen des Ortes der Erde in ihrer, sonst rein elliptischen Bahn, welche vom Jupiter herrühren, eine immer wiederkehrende Periode bilden. — Solche Störungen nennt man daher periodische.

Indessen haben diese immerwährenden Aenderungen des Ortes des Planeten in seiner Bahn, wie leicht zu erachten, auch Einfluß auf die gänzliche Veränderung der Lage der Bahn, der Gestalt der Ellipse, so wie ihrer Größe; aber diese Aenderungen, diese fortwährend neu sich gestaltenden Bahnen entwickeln sich außerordentlich langsam, sie sind erst nach einer Reihe von Jahrhunderten, ja Jahrtausenden bemerklich; daher nennt man diese Bahnänderungen säculare Störungen. —

Einige Störungen des Mondes. Variation.

(523.)

Da wir unmöglich ohne weitere mathematische Kenntnisse, oder wenigstens ohne die größte Weitläufigkeit tiefer in diesen schwierigen

Gegenstand eindringen können, so wollen wir uns begnügen als Beispiel einige Störungen des Mondes durch die Sonne anzuführen.

Zur Zeit des Neumonds zieht die Sonne den ihr näheren Mond etwas stärker an als die Erde; bei Vollmond dagegen ist ihre Wirkung auf die Erde stärker als auf den weiter abstehenden Mond (518). In beiden Stellungen also sucht die Sonne die Erde von ihrem Monde zu trennen. — Bei erstem und letztem Viertel aber, wo Mond und Erde gleichweit von der Sonne abstehen, werden diese auch gleich stark angezogen, und da die Sonne sie dem Scheitel des Winkels: Mond Sonnenmittelpunkt Erde zu nähern sucht, strebt sie sie sogar näher zu vereinigen.*) — Daher können wir den störenden Einfluß der Sonne etwa so auffassen, als verändere er die Schwerkraft der Erde, indem er sie bei Voll- und Neumond (den Syzygien) verringere, bei erstem und letztem Viertel (den Quadraturen) aber etwas vergrößere.

Auch sehen wir leicht, daß zugleich die sonstige Geschwindigkeit des Mondes geändert werden wird. Vom letzten Viertel z. B. an wird die Sonne den Mond fortwährend stärker als die Erde an sich ziehen, daher auch dessen Geschwindigkeit allmälig vergrößern, bis dieser Zuwachs im Neumond seinen größten Werth erreicht hat, weil nun die Sonne bis zum 1. Viertel verzögernd auf die Mondbewegung einwirkt. Von diesem bis zum Vollmond wird ebenso die Sonne die Geschwindigkeit des Mondes wieder vergrößern, vom Vollmond aber bis zum letzten Viertel wieder verzögern, indem sie vom ersten bis zum letzten Viertel die Erde fortwährend dem Mond zu entreißen strebt. — Die Geschwindigkeit des Mondes in seiner Bahn wird also durch die Störung in den Quadraturen ihren kleinsten Werth — kleiner als ohne Störung —, in den Syzygien aber den größten Werth — größer als den sonstigen — erhalten. In der Mitte zwischen einer Syzygie und Quadratur — einem Octanten — werden dann gestörte und ungestörte Geschwindigkeit einander gleich werden. Von einer Syzygie aus geht also der gestörte Mond dem ungestörten immer weiter voraus, bis im nächsten Octanten die Schritte des gestörten Mondes bis zur Größe des ungestörten abgenommen haben, der Vorsprung also am größten ist — etwa 32 Minuten. — Von da kommt aber der ungestörte Mond, da er nun größere Schritte macht, dem gestörten wieder näher und näher, bis er ihn in der nächsten Quadratur ganz eingeholt

---

*) Je weiter hier der Mond von der Erde absteht — je größer also obiger Winkel bei derselben Entfernung des Mondes und der Erde von der Sonne ist — desto stärker ist diese vereinigende Wirkung. Man denke nur an die beiden Extreme. Wäre der Winkel fast gleich 0, also die Linien: Mond Sonne und Erde Sonne fast parallel, so blieben Mond und Erde, wenn sie beide der Sonne um gleichviel näherrücken, in fast gleichem Abstand unter sich. Bei einer Größe des Winkels von 90° oder gar 180°, wo also die Sonne zwischen Mond und Erde in gerader Linie stände, würden sie aber bedeutend genähert.

hat. — Von einer Quadratur an eilt nun der ungestörte Mond dem gestörten voraus, bis im nächsten Octanten des letzteren bisher kleinere Schritte wieder denen des ungestörten gleichgeworden, also das Vorauseilen wieder seinen größten Werth (ebenfalls 32 Minuten) erreicht hat. Weil aber jetzt der gestörte wieder rascher geht, so holt er den ungestörten immer mehr, in der nächsten Syzygie ganz ein. —

Diese Störung, deren Periode also ein halber synodischer Monat ist, und von der veränderlichen Stellung des Mondes gegen Erde und Sonne abhängt, heißt: Variation. — Sie bringt zugleich in der Gestalt der Bahn und der Entfernung des Mondes von der Erde Veränderungen hervor, die sich so übersehen lassen: Da in den Syzygien die Schwerkraft der Erde geringer, die Geschwindigkeit des Mondes in der Richtung der Tangente seiner Bahn aber größer ist, als im ungestörten Zustande, so wird die Erde die Mondbahn hier aus doppeltem Grunde weniger krümmen können. In den Quadraturen dagegen, wo die Schwerkraft stärker, die Geschwindigkeit des Mondes aber geringer ist als sonst, wird ebenso aus zweifacher Ursache die Bahn erhabener werden müssen. — Da die Variation also die Bahn nach den Syzygien hin abplattet, so werden auch nach diesen hin die Monddistanzen von der Erde kleiner, nach den Quadraturen hin größer ausfallen als ohne Störung. (Vergl. 237 ff.)

Jährliche Gleichung. Evection.

(524.)

Bei der Variation dachten wir uns die Erde immer gleichweit von der Sonne. Da aber diese Entfernung veränderlich ist (362, 391), so wird auch der störende Einfluß der Sonne mit dieser sich ändern müssen. Wenn vom 1sten Januar bis zum 1sten Juli die Sonne sich von der Erde entfernt, und ihre Geschwindigkeit sich verringert, kommt der Mond der Erde näher und seine Geschwindigkeit wird größer. — Im anderen Halbjahr umgekehrt. Der größte Bogen in Länge, um welchen der hierdurch gestörte Ort des Mondes dem sonst stattfindenden vorauseilen, oder hinter ihm zurückbleiben kann, — (am 1. April und 1. October) — beträgt 11 Minuten. Diese Störung, deren Periode das anomalistische Sonnenjahr ist, führt den Namen jährliche Gleichung.

Bei beiden so eben betrachteten Mondstörungen ließen wir die elliptische Gestalt der ungestörten Mondbahn außer Acht. Die damit verbundene Veränderlichkeit der Abstände des Mondes von der Erde bedingt aber neue, eigenthümliche Wirkungen der Sonne. — So erzeugt sich daraus unter andern eine bald rückgängige bald directe Bewegung der großen Axe der Mondbahn, bei welcher jedoch die vorwärtsgehende dergestalt überwiegt, daß die große Axe in etwa 9 Jahren volle 360° durchläuft. — Auch die Excentricität der Mondbahn (Entfernung des Brennpunkts vom Mittelpunkt der Ellipse) wird da-

durch veränderlich. Diese ist am größten, wenn die große Axe durch die Sonne geht, am kleinsten, wenn beim Umlauf der Sonne um die Erde die Linie: Sonne Erde senkrecht auf die große Axe zu stehen gekommen. Denn steht im letzteren Falle die Sonne etwa in M' von Fig. 136, während in Fig. 131 S die Erde, die Ellipse P. p . . . . A aber die Mondbahn ist, und nennen wir die Schwerkraft der Erde auf den Mond, wenn dieser in P (der Erdnähe) ist, K, wenn er in A sich befindet aber, k, — wo K größer ist als k (518) — die die Schwerkraft der Erde unterstützende Sonnenwirkung, wenn der Mond in P ist, aber u, dagegen wenn er in A steht, U — wo u kleiner ist als U*), so ist die durch die Sonne unterstützte Schwerkraft der Erde auf den Mond in P gleich K + u, auf den Mond in A aber k + U, oder es werden dann diese beiden den Mond nach der Erde treibenden Kräfte, da die ursprünglich größere K eine kleinere, die ursprünglich kleinere eine größere Unterstützung erhält, sich mehr der Gleichheit nähern, welche im reinen Kreis stattfinden würde. Der Mond wird also in P dem Mittelpunkt sich weniger, in A aber mehr nähern als sonst; die Bahn sich mehr einem Kreis nähern, oder die Excentricität kleiner sein als ohne Einfluß der Sonne.

Steht dagegen die Sonne in der Verlängerung der großen Axe und heißt die auf den Mond in P wirkende, die Anziehungskraft der Erde vermindernde, Sonnenwirkung v, in A aber V — wo wieder v kleiner ist als V, weil die Wirkung der Sonne um so kleiner wird, je kleiner der Unterschied zwischen der Entfernung Mond Sonne und Erde Sonne ist — so beträgt die Schwerkraft der Erde auf den Mond in P noch K — v, ist der Mond aber in A, nur noch k — V, so daß also hier die größere Kraft K um weniger, die geringere k um mehr vermindert wird, also diese Kräfte noch ungleicher werden als sonst — was einer länger gestreckten Ellipse mit größerer Excentricität zukommt.

Wenn aber die Gestalt der Ellipse sich ändert, so ändert sich auch die nach dem 2ten Kepler'schen Gesetze stattfindende Abweichung der Bewegung von der gleichmäßigen Geschwindigkeit. Daher wird auch wegen dieser Excentricitätsveränderlichkeit der Ellipse (die von der Sonne deshalb hervorgebracht wird, weil der Mond schon eine Excentricität hat) der wahre Mondort von dem in der ungestörten Ellipse stattfindenden abweichen. Die größte Abweichung in Länge kann bis 80 Minuten betragen. Diese Störung heißt Evection.

Außer diesen giebt es noch eine große Menge anderer periodischer Mondstörungen, die, weil jede ihre eigene Periode hat, sich auf die mannigfachste Weise durchkreuzen. Durch sie feierte das Gesetz der allgemeinen Schwere seinen Triumph der Wahrheit, indem es dem großen Laplace gelang, blos nach ihm alle diese Störungen einzeln darzustellen, wie sie auch durch darauf folgende wirkliche Beobachtungen bestätigt wurden.

---

*) Weil SP kleiner ist als SA. Vergleiche Note zu 523.

Zurückweichen der Mondsknoten.

(525.)

Wir haben oben (371) gefunden, wie die Knoten der Mondsbahn in der Ekliptik immer rückwärts gehen, so daß sie in etwa 19 Jahren einen vollen Umlauf machen. — Dies können wir uns etwa so erklären: Da der Mond nur in zweien Punkten seiner Bahn, den Knoten selbst, in der Ebene der Ekliptik steht, in allen andern aber über oder unter derselben, so wird die vereinte Anziehung der Erde und Sonne den Mond der Ekliptik zu nähern suchen. Denken wir uns (Fig. 134) nur einmal recht sinnlich, der Mond M befinde sich außerhalb der Ebene der Ekliptik S E und werde an Stricken nach S der Sonne, und E der Erde gezogen. — Das Bestreben der beiden ziehenden Kräfte, von denen keine den Mond ganz nach sich allein fortbewegen kann, wird also offenbar dahin gehen, ihn in die Ebene der Ekliptik herabzudrücken, und wirklich müßte der Mond, während die Neigung seiner Bahn stets abnähme, endlich ganz in die Ekliptikebene gezogen werden, wenn er nicht durch seine Bewegung zur Seite diesen ihn senkrecht zur Ekliptik drängenden Kräften theilweise entginge; die Folge wird aber doch sein, daß er nun die Ekliptik eher erreicht, als ohne jene störenden Kräfte, d. h. er erreicht seinen Knoten früher als sonst, oder die Knoten rücken ihm entgegen, gehen also rückwärts. — Durch genauere Erwägung der dabei in Betracht kommenden Umstände findet man nun, daß die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik zwar kleinen Schwankungen unterworfen ist, im Ganzen aber doch immer sich gleich bleibt, während die Knoten beständig rückwärts gehen müssen. Daß beim tieferen Eingehen in die Sache die verschiedenen Stellungen der Knotenlinie, gegen die Linie S E, und die verschiedenen Lagen des Mondes gegen dieselbe genau zu berücksichtigen sind, versteht sich von selbst.

Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen.

(526.)

Auf einem ähnlichen Grunde beruht auch das „Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen" (s. 309). Es bestand darin, daß diese Punkte jährlich etwa um 50″ auf der Ekliptik von Ost nach West, also der Erde, oder wie wir damals noch sagen mußten der Sonne, entgegenrückten. Stelle (Fig. 135) N E A S C Q einen Meridiandurchschnitt der Erde vor, recht auffallend als nach den Polen hin abgeplattet gezeichnet, E C die Ekliptik, A Q einen Aequatordurchmesser. — Die Sonne, in der verlängerten EC wird ein jedes Theilchen der Erde an sich ziehen, aber die ihr nähern, wie wir wissen, stärker als die entfernteren. Bei der abgeplatteten Erde ist nun zu beiden Seiten der Linie (oder Ebene) E C die Masse der Erde in Beziehung auf die Entfernung von der Sonne ungleich vertheilt, auf der obern Hälfte der

Zeichnung E N Q C liegt eine größere Masse der Sonne näher, als auf der untern. Es wird deshalb auch die Hälfte E N Q C stärker angezogen werden als E A S C. Denken wir uns also die Sonne mit einer Kraft, gleich dem Ueberschuß der stärkeren Anziehung über die schwächere, blos die obere Hälfte anziehen, so muß die Erde so um M gedreht werden, daß der Aequatorpunkt Q der E C näher kommt, d. h. daß die Schiefe der Ekliptik (Winkel Q M C) abnimmt. Dies würde so lange fortdauern, bis Q in C läge, weil alsdann beide Hälften gleichstark angezogen würden. Da aber die Erde um ihre Axe rotirt, so wird der Punkt Q, während er nach C gezogen wird, zugleich zur Seite geschleudert, er kann also den Punkt C nicht erreichen. Indessen wird der Zug nach C doch bewirken, daß er früher als sonst die Ekliptik erreicht, d. h. daß der Durchschnittspunkt des Aequators und der Ekliptik, der Frühlingsnachtgleichepunkt von Ost nach West rückt, also zurückweicht. Uebrigens bemerken wir hier leicht, daß dies Zurückweichen des Frühlingspunktes innerhalb eines Jahres nicht gleichmäßig von Statten gehen wird, denn zu Frühlings- und Herbstanfang liegt ja der Punkt Q schon in der Ebene der Ekliptik, so daß also hier der Grund zum Zurückweichen der Nachtgleichepunkte ganz aufhört. In Fig. 135 haben wir uns in den 21. Juni versetzt.

Wie wir (314) gesehen haben, beschreibt der Weltpol in Folge dieser Präcession einen Kreis um den Pol der Ekliptik in 26000 Jahren; da aber auch der Mond eine ähnliche Wirkung wie die Sonne auf die abgeplattete Erde ausübt, die die der Sonne bald verstärkt, bald ihr entgegenwirkt, so durchläuft der Nordpol des Himmels keinen reinen Kreis, sondern schwankt, als würde jener Kreis mit zitternder Hand gezeichnet, bald vor- oder rückwärts, bald zur Seite, eine Störung, die den Namen der Nutation führt (Schwanken der Erdaxe).

Diese oberflächlichen Andeutungen über die Störungen mögen hier genügen, um allenfalls einen Begriff von dem Wesen und den Schwierigkeiten dieses Theils der Astronomie zu erhalten. Wünscht der eine oder andere meiner Leser die Sache ausführlicher kennen zu lernen, so wird er G. B. Airy's populäre physische Astronomie, deutsch von K. L. v. Littrow, die diesen Gegenstand so populär und deutlich als möglich behandelt, nicht ohne Befriedigung aus der Hand legen.

Ebbe und Fluth.

(527.)

Zum Schlusse wollen wir noch eine Erscheinung etwas näher betrachten, die uns die Wirkung der allgemeinen Schwere recht handgreiflich vor Augen führt, — ich meine die Ebbe und Fluth des Meeres. Vielleicht erinnern sich meine Leser noch aus Robinson Crusoe, daß das Meer innerhalb 24 Stunden zweimal steigt und zweimal fällt. Lange fortgesetzte Beobachtungen, die das Bleibende, Regelmäßige von dem Zufälligen in dieser für Küstenbewohner und Seefahrer

so wichtigen Erscheinung gehörig gesondert haben, lehren uns darüber etwa Folgendes:

Die Zeit, innerhalb welcher ein doppelter Wechsel zwischen Ebbe und Fluth erfolgt, ist im Durchschnitt 24 Stunden 50 Minuten; die höchste Fluth findet immer einige Zeit nach dem Durchgang des Mondes durch die obere sowohl als untere Hälfte des Meridians statt.

Vergleicht man den höchsten Stand des Meeres an verschiedenen Tagen, so ergiebt sich bald, daß die Fluthen zur Zeit des Neu- und Vollmondes höher sind, als bei den Mondvierteln, — erstere heißen Springfluthen, die geringeren Nippfluthen.

Endlich fand man auch einen Unterschied in dem höchsten Fluthstande des Meeres, je nachdem der Mond in der Erdnähe oder Erdferne ist, indem die Fluthen, wenn der Mond uns näher steht, größer ausfallen.

Vergleicht man aber die Fluthhöhen unter verschiedenen Breiten, so finden sich im Allgemeinen die größeren Fluthen in der Nähe des Aequators, ja in einer Breite von etwa 65° zu beiden Seiten des Aequators verschwindet die ganze Erscheinung.

(528.)

Fragen wir nun nach den Ursachen dieses merkwürdigen Phänomens, so drängt sich uns sogleich der Gedanke auf, daß sie in dem Mond und in geringerem Grade auch wohl in der Sonne zu suchen seien.

Sei (Fig. 136) der Kreis um C ein Durchschnitt der Erde, M der Mond, der Punkt Z also der Ort, der den Mond im Zenith, N, der ihn im Nadir hat. — Da der Mond, trotz seiner geringen Masse, doch wegen seiner großen Nähe nach dem Gesetz der allgemeinen Schwere anziehend auf die Erde wirkt, so wird er suchen, die ganze Erde nach M hin aus ihrer Bahn zu entfernen. Da aber die 3 Punkte Z C N verschiedene Entfernung vom Mond haben, so wird Z stärker als C, dieses aber wieder stärker als N angezogen werden. — Wäre nun die ganze Erde ein fester Körper, so würde sich diese ungleiche Anziehung auf verschiedene Punkte derselben in nichts Besonderem kund geben können, weil kein Punkt vom andern abgesondert sich bewegen könnte; ist aber die Oberfläche mit einem so leicht verschiebbaren und beweglichen Körper, wie das Meer, bedeckt, so wird der Punkt Z dem Punkte C um eben so viel nach dem Mond hin voreilen, als N hinter C zurückbleibt*); es kann uns daher nicht befremden, wenn die Wassermasse auf der Oberfläche der Erde die Gestalt Z' R' N' H' annimmt, d. h. daß die Orte, für die der Mond im Zenith und Nadir sich befindet, zugleich die größte Fluthhöhe, die beiden H' und R', denen der Mond im Horizonte steht, den niedrigsten Wasserstand haben. Da aber der Mond in 24 Stunden und 50 Minuten (382)

*) Es wird nämlich Z um Z'' Z', C um C'' C', N um N'' N' angezogen.

wegen der Rotation der Erde und seiner eigenen Bewegung, um die Erde wandert, so muß auf dem bestimmten Parallelkreis der Erde, dem der Mond an einem bestimmten Tage im Zenith bleibt, höchste Fluth und tiefste Ebbe 2 mal innerhalb 24 Stunden 50 Minuten abwechseln. Aber auch auf den Parallelkreisen der Erde, die zu beiden Seiten des eben betrachteten in gleichem Abstande liegen, wird das Phänomen eben so erfolgen, nur immer desto schwächer, je weiter sie entfernt sind, d. h. je geringer die Höhe über dem Horizont ist, die der Mond bei ihnen erreicht. Daß aber die größte Fluthhöhe erst einige Zeit nach dem Augenblick eintritt, in dem der Mond seinen höchsten Stand erreicht (culminirt), finden wir eben so natürlich, wie die Thatsache, daß die größte Wärme am Tage und im Jahre nicht gerade Mittags 12 Uhr oder am 21. Juni stattfindet, indem immer eine Zeit vergeht, bis die herbeigezogenen Wassermassen sich gehörig anhäufen.

(529.)

Daß aber auch die Sonne die Gestalt der wasserbedeckten Erdoberfläche so verändern muß, daß die Orte, denen sie im Zenith und Nadir steht, Fluth, diejenigen, denen sie auf- oder untergeht, Ebbe haben, übersieht man so:

Sei (Fig. 137) S die Sonne, C die Erde, die in ihrer Bahn um die Sonne, als ihren Centralkörper, läuft. Alle Punkte der Erde erhalten dadurch eine Flieh- oder Schwungkraft von der Sonne hinweg, aber N, das den größern Kreis durchlaufen, also sich schneller bewegen muß, auch eine größere als C, dies wieder eine größere als Z. Dazu kommt noch, daß die der Fliehkraft entgegenwirkende Anziehungskraft der Sonne auf N, das entferntere Erdtheilchen, schwächer, auf das nähere Z aber stärker wirkt. Was Wunder also, daß N weiter von der Sonne sich entfernt als C, und Z ihr näher bleibt als C, d. h. daß das Weltmeer wieder eine Gestalt wie Z'N'Z' (Fig. 137) annehmen muß.

So bringen also Mond und Sonne, jeder Himmelskörper für sich, ganz ähnliche Ebbe- und Flutherscheinungen hervor, die ganz unabhängig neben einander herlaufen und sich einzeln nach ihren Ursachen, der Sonne und dem Monde, richten; nur sind die Wirkungen der Sonne wegen der weit größeren Entfernung derselben geringer, als die des Mondes.

Sehr erklärlich ist es also, warum bei Voll- und Neumond, wo die Mond- und Sonnenfluthen zusammenfallen, sich also unterstützen, die Flutherscheinungen überhaupt stärker sind, als zur Zeit der Mondviertel, wo die Mondfluthen gerade mit den Sonnenebben zusammentreffen.

Daß aber die Sonnen- sowohl als Mondfluthen auch dann größer ausfallen, wenn diese Himmelskörper uns näher sind, bedarf wohl kaum der Erläuterung, und daß endlich in Gegenden, wo Sonne und Mond niemals eine bedeutende Höhe über oder unter dem Horizonte

erreichen, also der Zug der Gewässer nach diesen hin fast in horizontaler Ebene vor sich geht, daß also in hohen nördlichen oder südlichen Breiten die Erscheinung der Fluthen fast ganz aufhört, werden wir uns sogleich selbst sagen können.

Massen und Dichtigkeiten der Planeten.

(530.)

Haben meine Leser durch das Vorhergehende wenigstens eine Idee erhalten, wie man die Entfernungen und Größen von Körpern hat ermitteln können, die durch viele Millionen von Meilen von uns getrennt sind, so werden sie doch vielleicht ungläubig lächeln, wenn die Astronomen ihnen erzählen, wieviel Millionen Centner die Sonnenkugel oder die eines Planeten wiege, wieviel dichter oder lockerer die Masse sei, aus der die Sonne oder Jupiter oder die Erde bestehe, als die des Wassers*), oder wieviel Fuß auf einer der fernen Welten unseres Planetenstaats ein Stein in der ersten Secunde falle. Aber doch werden sie bald sehen, wie man das Alles auf ganz natürlichem Wege erfahren kann.

(531.)

Da die Größe der Erdbahn, so wie die Zeit genau bekannt ist, die die Erde zu deren Durchwanderung nöthig hat, so läßt sich leicht ermitteln, um wieviel die Sonne unsern Planeten in jeder Secunde anzieht (vergl. Fig. 132). Man findet etwa 0,0091 par. Fuß**).

Auf der Oberfläche der Erde fällt aber bekanntlich ein Stein in

---

*) Nehmen wir zwei gleichgroße Stücke verschiedener Körper, z. B. von Blei und Wachs, etwa von jeder Substanz einen Cubikzoll, und wiegen sie, so werden wir finden, daß das Stück Blei etwa 12 mal so viel wiegt als das Wachs. — Ballten wir dann 12 Cubikzoll Wachs zusammen, so würden diese erst so viel wiegen als der eine Cubikzoll Blei, dabei aber einen 12 mal größern Raum einnehmen. Wäre es möglich, die 12 Cubikzoll Wachs so zusammen zu pressen, daß sie blos den Raum *eines* Cubikzolls einnähmen, so würde das Stück so zusammengepreßten Wachses so viel wiegen als das gleichgroße Stück Blei, dann würde aber das zusammengedrückte Wachs, ebenso wie das Blei, 12 mal so dicht sein als unzusammengepreßtes Wachs. Daher denkt man sich das Blei als eine Substanz von 12 mal größerer *Dichte* als gewöhnliches Wachs, oder daß es 12 mal so viel Massentheilchen in demselben Raum enthalte als das Wachs.

Wiegt also ein Stück einer Substanz mehr als ein *gleich* großes Stück einer andern, so sagt man, erstere Substanz habe eine größere Dichtigkeit oder ein größeres specifisches Gewicht. —

So hat man durch Abwägungsversuche gefunden, daß z. B.

1) Gold 19 mal
2) Queckſilber 13½ mal
3) Blei 11½ mal
4) Eisen 7½ „
5) Glas 3 „

} so dicht oder specifisch gewichtig ist als *Wasser*.

**) Beachte (116) Note.

der ersten Secunde 15 par. Fuß, würde er aber in die 24000fache Entfernung, gleich der der Sonne, versetzt, so würde er (518) nur ungefähr den (24000 mal 24000) sten Theil von 15 Fuß oder 0,000000026 par. Fuß in der ersten Secunde zurücklegen. Diese beiden Fallhöhen, zur Sonne und Erde, in derselben Entfernung (20,700,000 Meilen) von beiden gemessen, geben also das Verhältniß der anziehenden Kräfte der Sonne und Erde zu einander, d. h. das Verhältniß der Massen, oder was einerlei ist, der Gewichte der beiden Himmelskörper an (518). Es verhält sich also das Gewicht oder die Masse der Sonne zum Gewicht oder der Masse der Erde*) wie 0,0091 zu 0,000000026, und nehmen wir das Gewicht der Erde zur Maßeinheit, so findet sich aus dieser Proportion das Gewicht der Sonne gegen 350000 mal so groß als das der Erde.

(532.)

Bedenken wir dabei aber, daß die Sonne einen 1400000mal größern Raum einnimmt, als die Erde, so sehen wir sogleich, daß der Stoff, aus welchem die Sonne besteht, lockerer sein muß, weil diese sonst auch 1400000mal mehr wiegen müßte, als die Erde. Nehmen wir also ein Stück der Sonne so groß wie die Erde, d. h. den 1400000sten Theil der Sonne, so wiegt dasselbe auch nur den 1400000sten Theil vom 350000fachen Gewicht der Erde, d. h. nur etwa $\frac{1}{4}$ so viel als diese, oder mit andern Worten: die Erde ist 4mal so dicht als die Sonne.

(533.)

Oben hatten wir gesehen, daß die Erde in einer Secunde 0,0091 par. Fuß zur Sonne fällt. Die Erde ist aber ungefähr 215 Sonnenhalbmesser von der Sonne entfernt, daher wird ein Stein auf der Oberfläche der Sonne (in einer 215mal größern Nähe) 215 mal 215 mal 0,0091 d. h. gegen 420 par. Fuß in der ersten Secunde fallen, und da 420 gleich 28 mal 15, also die anziehende Kraft der Sonne für Körper auf ihrer Oberfläche 28 mal so groß als die Schwerkraft der Erde für Gegenstände auf ihrer Oberfläche ist, so wird ein Stein, den wir jetzt 1 Pfund schwer nennen, auf der Oberfläche der Sonne 28 Pfund wiegen, d. h. wir würden, auf die Sonne versetzt, nur den 28sten Theil einer Last zu heben im Stande sein, die wir hier bewältigen können.

(534.)

Die Masse der Sonne im Vergleich zu der der Erde, die wir oben (531) fanden, indem wir die Schwerkraft beider in einer Ent-

*) Streng genommen eigentlich: Gewicht von Sonne und Erde zum Gewicht von Erde und Stein, — was aber aus leicht begreiflichen Gründen mit Obigem als fast ganz einerlei zu betrachten ist.

fernung von 20700000 Meilen verglichen, hätten wir auch finden können, wenn wir ihre Schwerkräfte in einer andern, nur für beide gleichen, Entfernung, z. B. gleich dem Erdhalbmesser, von beider Mittelpunkte (S x = E r Fig. 153) aufsuchten.

Denken wir uns zu dem Ende den Stoff der Sonne so verdichtet, daß diese nur einen Raum gleich unserer Erde einnähme, ihr Halbmesser also etwa 112 mal so klein (= S x) würde, so würde die Schwerkraft der Sonne in x, einer 112 mal größeren Nähe, (112 mal 112 oder) 12544 mal so groß werden, als sie wirklich ist. Da sie nun wirklich 28 mal so groß ist als die der Erde an ihrer Oberfläche, so würde sie dann die unserer Erde 350000 mal übertreffen.

Dann würden sich aber auch die Massen der beiden (gleichen) Kugeln wie ihre Schwerkraft verhalten, also die Masse der Sonne 350000 mal so groß als die der Erde sein. Da wir aber, als wir die Sonne in Gedanken so gewaltig verdichteten, an ihrer Masse nichts änderten, so ist diese hiernach wirklich das 350000fache der Erdmasse.

(535).

So haben wir wenigstens an einem Beispiel, der Sonne, gesehen, wie wir die Masse oder das Gewicht, die Dichtigkeit der Substanz, aus der ein ferner Himmelskörper besteht, und den Fallraum eines fallenden Steins auf der Oberfläche desselben recht wohl erfahren können.

Bei den Planeten sind diese Rechnungen nicht ganz so einfach, indeß werden wir doch die Möglichkeit eingesehen haben die fernen ungeheuern Kugeln gleichsam auf der Wage abzuwägen. Kennen wir doch die störenden Wirkungen derselben, die ihrer Größe nach sich so genau nach ihrer Masse und ihrer Entfernung von dem gestörten Körper richten, — und da letztere bekannt ist, so sind wir wohl im Stande auszumitteln, wie viel mal größer oder kleiner das Gewicht Jupiters z. B. sei, als das der Erde oder der Sonne.

(536.)

Im Vorigen haben wir uns zur Gewichts- und Dichtigkeitseinheit nur der Erde bedient. Zur vollen Befriedigung werden aber meine Leser verlangen, das Gewicht eines Himmelskörpers in Centnern und seine Dichtigkeit auf einen Körper, wie z. B. das Wasser, bezogen zu sehen, von dem wir eine lebendige, klare Vorstellung haben. Aber auch dies gelingt, so wunderbar es aussieht.

In Schottland giebt es ungeheuere Granitfelsen, die ganz frei und isolirt dastehen, und dabei durch ihre ziemlich regelmäßige Gestalt und gleichförmige Dichte ihrer Substanz gestatten, sowohl ihren Körperinhalt, als auch ihre Dichtigkeit gegen Wasser zu bestimmen.

Ein solcher Fels — dachte Maskelyne, ein englischer Astronom — wird eine vertical daneben hängende Bleikugel, wenn auch wenig,

doch für sehr feine Meßinstrumente schon merklich, von der verticalen Richtung abzulenken im Stande sein. Und er hatte Recht. Aus dem Verhältniß der anziehenden Kräfte der ganzen Erde und der des Felsens auf die Bleikugel fand Maskelyne durch Rechnungen, denen wir freilich nicht folgen können, das Verhältniß des Gewichtes des Granitfelsens zu dem der Erde. Da aber der Cubikinhalt des Felsens in Cubikfußen, so wie das Gewicht eines Cubikfußes Granit in Centnern und Pfunden leicht gefunden werden konnte, so war Maskelyne auch im Stande herauszubringen, wie viel Centner der Felsen und dann, wie viel die Erde wiegt. Da aber auch das Gewicht eines Cubikfußes Wasser bekannt ist, und erfahren werden kann, wie viel Cubikfuß die ganze Erde groß, also wie viel Centner eine Wasserkugel von gleicher Größe wie die Erde wiegen würde, so brauchte Maskelyne nur zu sehen, wie viel mal die ganze Erde mehr wiege als die gleich große Wasserkugel. — Er fand: etwa fünfmal. — Die Dichtigkeit der Erde ist also im Durchschnitt gegen 5mal größer als die des Wassers, liegt also etwa in der Mitte zwischen der Dichte der Steine und der Metalle, und kommt ungefähr der des Magneteisensteins gleich. Die Sonnensubstanz würde demnach nur etwa die Dichtigkeit des Meerschaums oder Ebenholzes haben.

Wie viel Centner die Erde aber wiegt — wobei es freilich auf einige Millionen davon nicht ankommen kann, — mögen meine Leser selbst ausrechnen. Der Cubikfuß Wasser wiegt etwa 66 Pfd.

Elemente der Planetenbahnen.

537.

Zuletzt wollen wir noch die Art kennen lernen, wie die scheinbaren Orte der Planeten unter den Fixsternen für die Zukunft (oder auch Vergangenheit) bestimmt werden können.

Kommt es uns nicht auf große Genauigkeit an, so können wir uns recht wohl einer Zeichnung wie Fig. 144 und 145 bedienen. Kennen wir nämlich nur einen Tag, an welchem ein Planet in Conjunction gestanden, und den Ort unter den Fixsternen, den er damals einzunehmen schien, so können wir damit den scheinbaren Planetenort auf die Ekliptik projicirt für einen nicht zu fernen Zeitpunkt immer bis auf einige Grade*) genau erfahren. Wissen wir z. B., daß Mars den 9. Septbr. 1846 in Conjunction steht, und also (wie die Sonne am 9. Septbr.) 166° vom Frühlingspunkt entfernt ist, also im Sternbild des Löwen etwa im XIten Stundenkreise, in der Mitte des Zeichens der Jungfrau erscheint, so brauchen wir nur (Fig. 145) in den äußern Ekliptikkreis die Sternbilder, oder Zeichen, oder Grade (der Länge) vom Frühlingspunkt gezählt richtig, d. h. so einzutragen, daß in den Punkt A jetzt 166° kommt; und zugleich die scheinbaren

*) Vergl. hier (542).

Marsörter mit dem richtigen Datum zu versehen, also bei A den 9. Septbr. 1846, bei 1 den 9. Octbr., bei 2 den 9. Novbr. ꝛc. zu setzen, um unmittelbar den Planetenort in der Ekliptik für einen fraglichen Tag zu haben. —

538.

Wollen meine Leser auf diese Weise wirklich Planetenorte bestimmen, so werden sie wohl thun den Cyclus aufeinanderfolgender scheinbarer Planetenörter auf eine Schiefertafel einzugraben, und die Tage dabei zu schreiben, um letztere wieder auswischen und durch neue ersetzen zu können, während die eingegrabene Figur bleibt. Die Eintheilung der Ekliptik in Zeichen oder Grade können sie auf einen Papierring zeichnen, der um den Kreis der Planetenörter allemal in die richtige Stellung gelegt werden kann. Diese Stellung giebt folgende Tabelle:

Fällt die Conjunction (bei Mercur und Venus obere Conjunction)

auf	so erscheint der Planet, wie die Sonne, in d. Ekliptik im Grade der Länge	im Zeichen		im Sternbild	im Stundenkreis	auf	so erscheint der Planet, wie die Sonne, in der Ekliptik im Grade der Länge	im Zeichen		im Sternbild	im Stundenkreis
März 20.	0°	♈		Fische	0 St. 0 M.	Sept. 23.	180°	♎		Jungfrau	XII. St. 0 M.
April 5.	15°				0 55	Octbr. 8.	195°				XII. 55
„ 20.	30°	♉		Widder	I. 50	„ 23.	210°	♏		Wage	XIII. 50
Mai 5.	45°				II. 50	Novbr. 7.	225°				XIV. 50
„ 21.	60°	♊		Stier	III. 50	„ 22.	240°	♐		Scorpion	XV. 50
Juni 5.	75°				IV. 55	Decbr. 7.	255°				XVI. 55
„ 21.	90°	♋		Zwillge.	VI. 0	„ 21.	270°	♑		Schütz	XVIII. 0
Juli 7.	105°				VII. 5	Jan. 5.	285°				XIX. 5
„ 23.	120°	♌		Krebs.	VIII. 10	„ 20.	300°	♒		Steinbock	XX. 10
August 7.	135°				IX. 10	Febr. 4.	315°				XXI. 10
„ 23.	150°	♍		Löwe	X. 5	„ 18.	330°	♓		Wassermann	XXII. 10
Sept. 7.	165°				XI. 5	März. 5.	345°				XXIII. 5

Für zwischenliegende Tage, die hier nicht angegeben sind, rechnen wir auf eine, der in (324) angegebenen, ähnliche Weise. —

Conjunctionen finden aber statt für Mercur am 7. Octbr. 1846 (ob. C.)
Venus „ 15. Decbr. 1846 (ob. C.)
Mars „ 9. Septr. 1846
Jupiter „ 14. Mai 1846
Saturn „ 10. Febr. 1846
Uranus „ 30. März 1846

Für die Jahre 1844, 1845, 1846 sind die Planetenörter in der angefügten Tabelle genauer angegeben.

(539.)

Wenn uns aber die Astronomen den Ort der Planeten für einen beliebigen Augenblick selbst der fernsten Zukunft bis auf die (Bogen=) Secunde genau angeben, so müssen sie genauer zu Werke gehen. Sie bestimmen zunächst den wahren Ort des Planeten, wozu sie folgende 7 Bestimmungsstücke, die sie Elemente nennen, nöthig haben:

1. Die Lage der Durchschnittslinie der Planetenbahn mit der Ekliptikebene, der sogenannten Knotenlinie, z. B. durch Angabe des Winkels, den diese (und zwar das Stück von der Sonne nach dem aufsteigenden*) Knoten hin) mit der Linie von der Sonne nach dem Frühlingspunkt macht. — Durch Störungen ist dieser Winkel (die sogenannte Länge des aufsteigenden Knotens) im Laufe der Zeit veränderlich, daher kann er nur für einen bestimmten Moment angegeben werden; dabei wird dann bemerkt, um wieviel er sich in einem bestimmten Zeitraum verändert; z. B. am 1. Januar 1800 für Venus 74^0 2c. .... Aenderung in 100 Jahren („säculare Aenderung") 2950 Secunden mehr**).
2. Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptikebene für einen bestimmten Moment, nebst säcularer Aenderung.

   Diese beiden Elemente bestimmen die Lage der Bahnebene.
3. Lage der großen Axe der elliptischen Bahn; z. B. durch Angabe der Anzahl von Graden, die der Winkel: Sonnennähe***), Sonne, aufsteigender Knoten faßt; für einen bestimmten Augenblick nebst säcularer Aenderung.
4. Die Excentricität, d. h. um wieviel die Sonne, der Brennpunkt der Ellipse, vom Mittelpunkte derselben entfernt ist; wieder für einen bestimmten Moment nebst säcularer Aenderung.
5. Die Länge der großen Axe der elliptischen Bahn. Diese ist unveränderlich.

   Die Elemente 3, 4 und 5 bestimmen die Lage, Gestalt und Größe der Bahn selbst in der durch 1 und 2 gegebenen Ebene.
6. Die Epoche, d. h. Tag und Stunde 2c., wo der Planet in seiner Sonnennähe gestanden.
7. Die siderische Umlaufszeit.

Aus 6 und 7 ergiebt sich dann mit gehöriger Berücksichtigung des 2ten Kepler'schen Gesetzes der schon sehr nahe richtige, wahre Ort des Planeten in der durch die 5 ersten Elemente bestimmten El=

---

*) Vergl. (371).

**) Da der Frühlingspunkt in 100 Jahren um etwa 5000 Secunden zurück (von Ost nach West) geht, der Ort des aufsteigenden Knotens aber nur 2950 Secunden in 100 Jahren wächst, so muß der aufsteigende Knoten selbst um 2050 (5000 weniger 2950) Secunden zurückweichen.

***) P Fig. 131. Vergl. (505.)

lipse für einen bestimmten Augenblick, um endlich noch nach Anbringung der kleinen Störungen durch die übrigen Planeten, je nach deren Stellung in jenem Moment, haarscharf bestimmt zu werden. Ist dann noch für denselben Augenblick der wahre Ort der Erde in ihrer Bahn berechnet, so sehen wir leicht (vergl. Fig. **144**, **145** oder **110**), wie dann der scheinbare Ort des Planeten für ein Auge auf der Erde ermittelt werden kann. Zuletzt bedarf auch dieser wegen Aberration, Nutation und einiger anderer Fehlerquellen noch einer Correction.

(540.)

Wie die „Elemente" aus den Beobachtungen mit der nöthigen Schärfe abgeleitet werden, können wir unmöglich hier genauer verfolgen; vielleicht interessirt aber meine Leser die Art und Weise, wie die Astronomen sich die Berücksichtigung des 2ten Keplerschen Gesetzes zurechtlegen. —

Sei (Fig. **150**) S die Sonne, p, **1**, **2** .... a die (halbe) elliptische Planetenbahn (c deren Mittelpunkt), also p die Sonnennähe, a die Sonnenferne, und die Bogen a **1**; **1 2**; ....9 a die in gleichen Zeitintervallen zurückgelegten, in der Nähe von p also größern, nach a hin immer kleiner werdenden, Wege des Planeten. Der äußere Kreis aus dem Mittelpunkt S stelle die Durchschnittslinie der Bahnebene mit dem Himmel dar. An der innern Seite dieses Kreises sind die Punkte **1**.**2**.**3**....**10** die mit den gleichbezeichneten wahren Planetenörtern gleichzeitigen scheinbaren Orte des Planeten für ein Auge auf der Sonne. Nun denken sich die Astronomen einen zweiten Planeten, den sogenannten *mittleren*, der mit gleichmäßiger Geschwindigkeit den äußern Kreis durchläuft und *zugleich* mit dem, auf den Himmel projicirten, wahren die Linie **10** a S p ... durchschneidet. Die Orte dieses mittleren Planeten sind auf der äußeren Seite des Kreises angegeben, und mit den gleichzeitigen scheinbaren Orten des wahren Planeten allemal durch einen Bogen verbunden. — Der Bogenabstand zwischen dem scheinbaren Orte des wahren und dem gleichzeitigen Orte des mittleren Planeten für ein Auge auf der Sonne heißt die *Mittelpunktsgleichung*. —

(541.)

Man sieht leicht, daß der Werth dieser Mittelpunktsgleichung in a und p Null, in der Mitte zwischen a und p und zwischen p und a aber am größten sein wird. In der Hälfte der Bahn von p, der Sonnennähe, bis zu a, der Sonnenferne, ist der wahre Planet *vor* dem mittleren, in der Hälfte von a bis p aber (die in Fig. **150** nicht mit gezeichnet ist) hinter demselben.

Nun bestimmen die Astronomen zunächst den Ort des *mittleren* Planeten für einen fraglichen Augenblick aus der „*Epoche*" und der siderischen Umlaufszeit auf ganz einfache Weise, indem sie so rechnen: In der Zeit des siderischen Umlaufs legt der mittlere Planet 360^0

zurück, in der Zeit von der Epoche bis auf den fraglichen Tag also x Grade. Dadurch erhalten sie, nachdem von dem x so oft als möglich 360 abgezogen ist, in dem Rest den Bogenabstand des mittleren Planeten von der Sonnennähe. — Nun haben sie eine Tabelle, in der für die verschiedenen Bogenabstände des mittleren Planeten von der Sonnennähe der Werth der Mittelpunktsgleichung aufgezeichnet ist. Diese Mittelpunktsgleichung haben sie dann nur noch, wenn der Planet zwischen p und a ist, zu addiren, befindet er sich aber auf dem Wege von a nach p, zu subtrahiren, um den scheinbaren Ort des wahren Planeten zu erhalten, aus dem sich dann aus den 5 ersten Elementen auch der wahre Ort des wahren Planeten ergiebt. —

(542.)

In (537) erwähnten wir, daß durch die dort angegebene Methode der Planetenort bis auf „einige" Grade genau gefunden werden könne. Bei Mercur und Mars kann aber im schlimmsten Falle der Fehler wohl bis auf 16 bis 17 Grad steigen, während er für Venus, Jupiter, Saturn und Uranus freilich höchstens etwa 5 bis 6° betragen kann. — Der Grund davon ist die starke Excentricität der Mercur- und Marsbahn, welche bewirkt, daß die Mittelpunktsgleichung bei Mercur bis 23°, bei Mars bis 10° wachsen kann. Der ungünstigste Fall tritt dann ein, wenn bei der größten Mittelpunktsgleichung die Erde dem Planeten auch gerade am nächsten steht. — Um diesen Fehler einigermaßen vermeiden zu können, thun wir gut, die wahren Orte von Mercur und Mars erst etwas zu verbessern; deshalb sei hier angeführt, wenn für ein Auge auf der Sonne, nach der Zeichnung Fig. 144, 145,

Mercur

erscheint vom Frühlingspunkt	ist die Mittelpunktsgleichung		also verbesserter wahrer Ort
75°	0°	zu add.	75°
165°	23°	zu add.	188°
255°	0°	zu subt.	255°
345°	23°	zu subt.	322°
75	0	zu subt.	75

Mars

330°	0	zu add.	330°
60°	10	zu add.	70°
150°	0	zu subt.	150°
240°	10	zu subt.	230°
330	0	zu subt.	330

Für zwischenliegende Orte, die hier nicht angegeben sind, kann man dann — freilich nicht allzurichtig — etwa so verfahren: z. B.

ein Mercurort liege in 200°; 200° liegt zwischen 165° und 255°. Aendert der Ort sich 90° (von 165° bis 255°), so ändert sich die Mittelpunktsgleichung um 23°, ändert sich der Ort von 165° bis 200, also 35°, so wird die Mittelpunktsgleichung sich ändern um $^{35}/_{90}$ von 23 oder etwa 9°, also 14° betragen, so daß der verbesserte Ort 214° ist; und so in ähnlichen Fällen. Dadurch wird man den Fehler wenigstens auf einige Grade herabbringen.

Beschreibung der einzelnen Himmelskörper.*)

Die Sonne.

543.

Die Oberfläche der Sonne, durch Fernröhre betrachtet (vor welche man des betäubenden Glanzes wegen mit Lampenruß geschwärzte oder sonst dunkelgefärbte Gläser anbringen muß), erscheint durchweg gleichartig, meistens wie fein marmorirt oder mit Sand bestreut. — Häufig jedoch sieht man auf dem östlichen Rande kleine, dunkle, verschieden gestaltete Flecken eintreten, die immer weiter nach Westen ziehen, bis zur Mitte der Sonne an Breite und Ausdehnung wachsen, allmälig wieder schmäler werden und am westlichen Rande verschwinden, um zuweilen nach etwa $13^1/_2$ Tage wieder am östlichen Rande zu erscheinen; zuweilen aber auch wohl plötzlich verschwinden oder ihre Gestalt merklich verändern. —

Diese Sonnenflecken scheinen, den Beobachtungen zu Folge, Vertiefungen, ungeheuere Schlünde zu sein, oft so groß, daß sie 6000 Meilen im Durchmesser und wohl 500 Meilen Tiefe haben, so daß man 16 Erdkugeln halb darin versenken könnte. Es scheint also die Sonne an sich einen dunkeln Kern zu besitzen, umgeben von einer leuchtenden Atmosphäre, die durch irgend welche Revolutionen stellenweise von einander reißen kann, und den dunkeln Kern durchscheinen läßt. Um diese Lücken häuft sich dann die Lichtatmosphäre an und erscheint uns als glänzende Stellen, sogenannte Sonnenfackeln, von denen aus die Lichthülle, immer dünner werdend, sich sanft verliert und bewirkt, daß die Sonnenflecken nicht scharf abgegrenzt erscheinen.

Früher glaubte man, diese Sonnenflecken hätten Einfluß auf unsere Witterung. Indeß hat man bis jetzt noch keinen unbestrittenen Zusammenhang unserer Witterungsverhältnisse mit denselben auffinden können.

Aus dem regelmäßigen Umlauf dieser Flecken, die also der Oberfläche der Sonne angehören, folgt, daß diese rotire und zwar, vom

---

*) Wer sich ausführlicher über diesen interessanten Theil der Astronomie unterrichten will, den verweisen wir unter andern auf die populäre Astronomie von Mädler. Berlin 1841 bei Heymann.

Sonnenmittelpunkt aus betrachtet, rechtläufig, in derselben Richtung, in der die Erde und alle andern Planeten die Sonne umwandern.

Diese Rotation geht in etwa 25 Tagen vor sich. Nach 27 Tagen nämlich erscheint ein Flecken von der Erde aus wieder an derselben Stelle der Sonnenscheibe. Dann hat er aber 27° mehr als einen Umlauf, oder 387° gemacht, weil die Erde in 27 Tagen selbst etwa 27° weiter gegangen ist. — Die Sonnenäquatorebene bildet mit der Ekliptikebene einen Neigungswinkel von $7^1/_2{}^0$ (die Rotationsaxe also von $82^1/_2{}^0$) und durchschneidet sie in einer Linie (der Knotenlinie), die verlängert durch den 78sten und 258sten Grad der Länge (vom Frühlingspunkt gezählt) geht. Diese letzten Werthe konnte man so finden.

(544.)

Die Wege der Sonnenflecken — auf der Sonne selbst Parallelkreise — müssen natürlich mit dem Sonnenäquator parallel laufen. Wir sehen sie meist als Bogen von, viermal im Jahre abwechselnd, wachsender und wieder abnehmender, im Ganzen schwacher, Krümmung auf der scheinbaren Sonnenscheibe. Nur an 2 Tagen, am 8. Juni und 9. December, erscheinen sie als gerade Linien, so daß wir uns dann also in der erweiterten Aequatorebene, und da wir zugleich in der Ekliptik bleiben, in der Knotenlinie des Sonnenäquators befinden. Am 9. Decbr. geht ein Flecken von der südlichen Seite, der durch die Sonnenscheibe fortgehend gedachten Ekliptiklinie der Himmelskugel, auf die nördliche Seite derselben über. Wir sehen also den aufsteigenden Knoten des Sonnenäquators in gerader Linie zwischen Erde und Sonnenmittelpunkt. Von diesem aus steht die Erde am 9. December im 78.° der Länge (wir sehen die Sonne dann im 258sten Grade). Daher liegt der aufsteigende Knoten in 78° Länge. — In der Zeit vom 9. December bis 8. Juni geht die erweiterte Sonnenäquatorebene auf der nördlichen Seite der Ekliptikebene über die Erde hin, daher die Fleckenwege als Bogen, die ihre erhabene Seite nach Norden wenden, erscheinen — am 9. März ist die Krümmung am stärksten — vom 8. Juni bis 9. December aber wenden die Bahnen der Flecken ihre erhabene Seite nach Süden, weil die erweiterte Sonnenäquatorebene auf der südlichen Seite der Ekliptik unter der Erde hergeht. —

545.

Bei totalen Sonnenfinsternissen (die freilich nur sehr selten beobachtet werden können) hat man eine merkwürdige Erscheinung gefunden. In der Zeit nämlich, wo der Mond die ganze Sonnenscheibe verdeckte, erschien um die Sonne ein breiter hellglänzender Ring. Wahrscheinlich also, daß über der Lichtatmosphäre der Sonne noch weiter eine, wenn auch viel matter leuchtende, Hülle schwebt, die von dem eigentlichen Sonnenglanze ganz übertäubt wird, daher nur erschei-

nen kann, wenn dieser von einem Körper, wie der Mond, gänzlich verdeckt wird.

Ja eine noch viel schwächer schimmernde, in der Abend- oder Morgendämmerung nur etwa wie das Leuchten der Milchstraße erscheinende, Hülle scheint die Sonne, aber vorzugsweise in der Ebene ihres Aequators, die beinahe mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt, zu umgeben. Dieser matte Schein ist unter dem Namen des Zodiakallichtes bekannt.

546.

Ob die Sonne und überhaupt die übrigen Himmelskörper bewohnt seien, läßt sich nicht direct entscheiden. Indessen ist es höchst wahrscheinlich: finden sich doch hier auf Erden überall, wo nur Raum dazu ist — lebende Wesen. — Die Sonnenbewohner müssen aber ganz anders organisirt sein, als wir. „Ein Geschöpf von unserer Kraft und unserem Körperbau vermöchte dort*) kaum den Fuß „emporzuheben und liefe beim Auftreten Gefahr, ihn zu zerschmettern; „schon nach wenigen sehr kurzen Schritten würde völlige Erschöpfung „eintreten. Selbst wenn die Atmosphäre und alles Uebrige sich wie „bei uns verhielte (was sicherlich nicht der Fall ist), so würden den„noch alle unsere Pflanzen, durch die ungeheuere Schwerkraft zurück„gehalten und niedergedrückt, dort knieholzartig am Boden kriechen. „Nur Titanen und Cyclopen, wie sie die alten Fabeln uns vorführen, wären dort im Stande, Bauwerke aufzuführen, ja nur die ge„wöhnlichsten Arbeiten zu verrichten. Daher kann kein einziges orga„nisirtes Wesen auf der Oberfläche der Sonne irgend einem auf unserer Erde in physischer Beziehung ähnlich sein."

Planeten und Trabanten.

Mercur.

547.

Mercur erscheint, wegen seiner Nähe bei der Sonne, gewöhnlich in so glänzendem Licht, daß man ihn auch noch durch farbige Gläser betrachten muß. Mit unbewaffneten Augen ist er indessen schwer zu sehen, da er wegen der Nähe der Sonne nur kurz nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang, also nahe am Horizont beobachtet werden kann und ihn da die Dünste unsern Augen meist verdecken. In tropischen Gegenden, z. B. den Wüsten Afrika's und Arabiens, gelingt es besser. Er scheint, wie unsere Erde, eine Atmosphäre zu haben, indem die Lichtgrenze seiner Phasen nicht scharf abgeschnitten ist. Sehr wahrscheinlich ist es, daß er hohe Gebirge habe.

*) Wegen der großen Schwerkraft der Sonne (534).

Die Neigung seines Aequators gegen seine Ekliptik hat noch nicht genau beobachtet werden können, daher man über das mathematische Klima und die Verhältnisse seiner Jahreszeiten, welche bekanntlich hauptsächlich von der sogenannten Schiefe der Ekliptik abhängen, nichts Genaueres weiß, als daß, wenn es gemäßigte Zonen auf Mercur giebt, wie bei uns, die Jahreszeiten nur je 22 unserer Tage dauern, weil sein Jahr nur 88 Erdentage beträgt. — Die Sonnenscheibe aber erscheint von ihm aus gesehen, je nach seiner verschiedenen Entfernung von ihr, 4 bis 10 mal so groß als bei uns.

Wenn er in seiner Bahn sich zwischen Erde und Sonne befindet und unserer Ekliptik nahe genug ist, sieht man ihn als einen kleinen, intensiv schwarzen Punkt vor der Sonne vorüberziehen. Ein solcher Mercurdurchgang wurde 1631 am 6. Nov. zuerst beobachtet. Die nächsten werden erfolgen:

1845 den 8. Mai,
1848 „ 9. November,
1861 „ 11. „
1868 „ 4. „
1878 „ 6. Mai.

Venus.

548.

Venus kann unter allen Planeten der Erde am nächsten kommen (bis zu 5 Mill. Meilen) — und ist nach der Sonne das glänzendste Gestirn des Himmels. An mondscheinfreien Abenden kann man recht wohl die Schatten erkennen, die Gegenstände, vom Venuslichte beleuchtet, werfen. — „Diese große Lebhaftigkeit des Glanzes aber „macht die Beobachtungen ihrer Oberfläche sehr schwierig. Flecken „erscheinen nur äußerst selten und dann nur höchst matt und unbe„stimmt, gleich einem leisen Hauche.“ Wenn Venus sichelförmige Phasen zeigt, hat man die Spitzen (die Hörner) derselben oft verschieden gestaltet erblickt, und aus der Wiederkehr dieser ähnlichen Hörnergestalten auf eine Rotation von 24 Stunden geschlossen. Auch will man nahe an der Lichtgrenze im dunkeln Theile der Scheibe einzelne glänzende Punkte gesehen haben, die für nichts Anderes gehalten werden können, als die schon erleuchteten Gipfel hoher Berge, zu einer Zeit, wo die Thäler umher noch tief im Schatten liegen. Uebrigens ist man, unter andern auch durch die wenig scharf abgegrenzte Lichtgrenze, berechtigt, der Venus eine Atmosphäre zuzuschreiben.

549.

Ueber die Neigung ihres Aequators zu ihrer Ekliptik weiß man nichts Bestimmtes. Einige, aber ziemlich unsichere, Beobachtungen

scheinen die Schiefe der Ekliptik zu 72° zu geben. Wäre dies wirklich der Fall, so wären alle klimatischen Verhältnisse außerordentlich abweichend von denen unserer Erde. Die heiße Zone, d. h. der Theil der Oberfläche, dem die Sonne 2 mal des Jahres in's Zenith kommt, würde bis zu 72° nördlicher und südlicher Breite reichen; diese heiße Zone würde aber theilweise zugleich kalte Zone sein, — denn wenn die Sonne einem Bewohner von 72° nördl. Breite im Zenith steht, so würden alle Orte, die südlicher vom Aequator lägen als 18°, eine Reihe von Tagen die Sonne gar nicht aufgehen sehen. Der Unterschied zwischen heißer, gemäßigter und kalter Zone würde daher da ganz wegfallen.

Abgesehen von dieser, noch sehr zweifelhaften, Verschiedenheit zeigt die Venus große Aehnlichkeit mit unserer Erde; die Länge des Tages (Rotationszeit), ihre Größe, Dichtigkeit, also die Fallhöhe und das Gewicht der einzelnen Körper stimmt fast ganz mit unserer Erde überein.

550.

Wie den Mercur, kann man auch die Venus, nur seltener, als eine intensiv schwarze, runde Scheibe vor der Sonne herziehen sehen, wenn sie zur Zeit, wo sie zwischen Sonne und Erde steht, ihrem Knoten (d. h. Durchschnittspunkt ihrer Bahn mit unserer Ekliptik) nahe genug ist. — Diese Venusdurchgänge (partiale oder ringförmige Sonnenfinsternisse) wurden zuerst 1639, hernach 1761 und 1769 beobachtet. Die nächsten werden sich ereignen:

Den 8. Decbr. 1874,
„ 6. „ 1882,
„ 7. Juni 2004,
„ 5. „ 2012.

(551.)

Der Venusdurchgang von 1769 ist berühmt geworden, weil er das Mittel gab, die Entfernung der Erde von der Sonne mit größerer Schärfe, als es bis dahin geschehen konnte, zu messen. Wir haben oben (378) eine einfache Methode dazu angegeben, müssen aber gestehen, daß eine Unsicherheit in den Winkeln bei S und C (Fig. 89) von 1 Secunde den Punkt M so wenig scharf bestimmen läßt, daß die Sonnenentfernung um einige Tausend Erdhalbmesser oder ein Paar Millionen Meilen zweifelhaft wird. — Um's Jahr 270 v. Chr. schon erfand Aristarch von Samos eine Methode, die theoretisch eben so richtig, aber praktisch auch nur ein höchst ungenaues Resultat liefert. Er wollte nämlich zur Zeit des 1sten oder letzten Mondviertels, wo also der Mond genau als halbe Scheibe erscheint und der Winkel: Sonne Mond Erde 90° beträgt, den Winkel Sonne Erde Mond messen, um aus diesen beiden Winkeln und der Mondentfernung von uns die Entfernung der Sonne zu finden. Der Moment aber, wo

der Mond gerade als halbe Scheibe erscheint, ist kaum auf eine Viertelstunde genau anzugeben.

Im Jahre 1677 bemerkte Halley, ein englischer Astronom, daß ein Venusdurchgang ganz besonders geeignet sei, den Abstand der Sonne mit großer Schärfe zu ermitteln. Daher wurden auf seinen Vorschlag in den Jahren 1761, besonders aber 1769 von fast allen gebildeten Völkern Europa's Expeditionen nach den verschiedensten Punkten der Erde gesandt, und aus ihren Beobachtungen hat endlich Encke den jetzt bekannten Werth der Sonnenentfernung berechnet.

(552.)

Um hiervon eine, wenn auch nur höchst oberflächliche, Idee zu geben, sei (Fig. 152) S die Sonne, v die Venus, a a' b b' die Erde. In einem bestimmten Augenblick, z. B. 8 Uhr 0 Min. 0 Sec. Abends, wird der Ort a der Erde, der auf dem Aequator liegen mag, die in v befindliche Venus gerade den östlichen Rand der Sonne berühren sehen. Der Ort b, der auch im Aequator und gerade 180° von a in geographischer Länge entfernt sein mag, erblickt die Venus dann noch östlich von der Sonne, außer Berührung. Erst um 8 Uhr 12 Min. 0 Secund. Morgens beobachtet b den Eintritt. — Als aber b 8 Uhr 12 Min. Morgens hatte, war es in a 8 Uhr 12 Min. Abends (weil bei dem geogr. Längenunterschied von 180° die Uhr in a 12 Stunden vor der in b voraus ist). Der Ort b sieht also den Eintritt 12 Min. *später als* a.

Während dieser 12 Minuten hat sich die Erde 3° um ihre Axe gedreht, so daß, als a den Eintritt beobachtete, der Ort b in b, nach den 12 Min. aber in b' liegen wird. Auch sind Erde und Venus in ihren Bahnen weiter gegangen. Da die Erde in einem Tage $^{360}/_{365}$, die Venus aber $^{360}/_{224}$ Grade zurücklegt, letztere also etwa $^{3}/_{5}$ Grade in einem Tage, also in 12 Minuten etwa 18 Bogensecunden, mehr macht als die Erde, so können wir uns der Einfachheit wegen vorstellen, die Erde sei unverrückt an derselben Stelle ihrer Bahn geblieben und nur Venus habe sich mit dem Ueberschuß ihrer Bahnbewegung in den 12 Minuten von v nach v' bewegt.

Dann ist aber der Winkel v s v' oder a s b' = 18 Bogensecunden (für die genauern Werthe unserer hier angenommenen runden Zahlen etwa 17") bekannt. Da man nun die Linien a s und b's als fast vollkommen gleich ansehen kann, so hat man in a s b' ein gleichschenkeliges Dreieck mit einem Winkel von 17 Secunden an der Spitze, darin kann man nun finden, wieviel mal länger a s oder b' s ist als a b' und also auch als a b.

Der Vorzug dieser Methode beruht darauf, daß ein Fehler von *einer* Zeitsecunde, dem die Beobachter in a und b etwa ausgesetzt sind, den Winkel v s v' erst um $^{1}/_{42}$ Bogensecunde zweifelhaft machen würde (da 12 Min. oder 720 Zeitsecunden 17 Bogensec., also 1 Zeitsec. $^{17}/_{720}$ oder $^{1}/_{42}$ Bogensecunde Unterschied geben), so daß sie

etwa 40 mal so genau ist als die in (378) erwähnte Methode, wo man in den Winkeln bei C und S, also auch bei M einen Fehler von einer ganzen Secunde zu fürchten hatte.

Erde.

553.

Die Beschreibung der Erdoberfläche bildet eine eigne Wissenschaft und gehört der Astronomie nicht an.

Die Erdoberfläche ist uns noch lange nicht ganz bekannt. Im Innern Afrika's, Neuhollands giebt es noch viele weite Strecken, die kaum ein menschlicher Fuß betrat, oder von denen doch kein Reisender uns Kunde brachte. Im äußersten Norden, so wie noch eine weit beträchtlichere Strecke im Süden der Erde hemmt ewiges Eis und Alles erstarrende Kälte den Fortschritt des reisenden Geographen. — Ein Beobachter im Mond, ausgerüstet mit unsern Fernröhren, würde eine weit vollkommnere Totalübersicht über unsern Wohnsitz haben.

Noch weit weniger wissen wir aber von dem Innern unserer Erde. Die bedeutendsten Bergwerke dringen nur an einigen wenigen Stellen bis höchstens eine Meile in die Tiefe. — Daß die Erde ihrem Mittelpunkt näher dichter sei als an der Oberfläche, beweist die Erfahrung (536), daß die Dichtigkeit derselben im Ganzen etwa 5mal größer als die des Wassers ist, während die Steine und Erdarten nahe der Oberfläche nur gegen 2mal so dicht sind als Wasser. — Daß die Erde einstmal in feurigem Flusse gewesen, ja das Innere der Erde vielleicht noch in geschmolzenem Zustande sich befinde, während wir die schon erkaltete Rinde bewohnen, scheinen die heißen Quellen, so wie die überhaupt mit der Tiefe immer zunehmende Temperatur, sehr wahrscheinlich zu machen.

Der Mond.

554.

Während die Erde die Sonne umschwebt, dreht sich in einer elliptischen Bahn, deren Durchmesser kaum den 400sten Theil der Erdentfernung von der Sonne beträgt, der Mond um die Erde. Der wahre Weg des Mondes im Raum ist, wie oben (485) bemerkt, eine Schlangenlinie, die sich in sehr schwachen, langgestreckten Ausbiegungen um die wahre Erdbahnlinie herumzieht.

555.

Die Masse des Mondes haben die Astronomen etwa 88 mal kleiner als die der Erde gefunden, da aber sein Cubikinhalt blos 50 mal geringer als der der Erde ist, also 50 Mondkugeln unserer Erde an Größe gleich wäre, diese aber nur 50 mal den 88sten Theil der Erd-

masse enthielten, so beträgt seine Dichtigkeit nur $^{50}/_{88}$ von der der Erde, ist also nur etwa 3 mal so groß als die des Wassers. Die Schwerkraft auf der Mondoberfläche würde also 6 bis 7 mal geringer sein als auf der Erde. Was hier einen Centner wöge, würde dort nur als eine Last erscheinen, die wir hier 17 Pfund nennen, der Fallraum in der ersten Secunde also nur etwa 2 Fuß betragen.

556.

Betrachten wir den Mond durch ein gutes Fernrohr, so zeigt er uns eine poröse, schlackenartige, einer Scheibe von Brod nicht unähnliche, Oberfläche (Fig. 143), in den mannigfachsten Schattirungen vom blendenden Weiß bis zum dunklen Stahlgrau. Leicht überzeugt man sich, daß der Mond voll Vertiefungen und Erhöhungen ist, denn man erkennt neben einem hellerleuchteten Flecke häufig einen dunklen Raum, der bei dem verschiedenen Stande der Sonne bald breiter bald schmäler erscheint, wie der Schatten eines Berges bei auf- oder untergehender Sonne länger erscheinen muß, als wenn diese hoch über dem Horizont steht. Diese Berghöhen des Mondes lassen sich ziemlich einfach messen, denn ist z. B. (Fig. 139) m d c a o ein Theil der Mondoberfläche, a b ein Berg, H d der Horizont für den Fuß desselben, Winkel S d H die Höhe der Sonne über demselben, so braucht man nur die mit dem Mikrometer gemessene Länge des Schattens a d, die sich bei der bekannten Entfernung des Mondes leicht in Fuß und Zoll übertragen läßt, in verkleinertem Maßstabe aufzutragen, und mit dem rechten Winkel b a d und der Höhe der Sonne b d a*) das Dreieck b d a dem wirklichen ähnlich zu zeichnen, um aus dem Verhältniß der Linien b a zu a d die wirkliche Länge von b a, d. h. die Höhe des Berges zu erfahren. — So hat man gefunden, daß die größten Erhebungen auf dem Monde gegen eine deutsche Meile betragen.

557.

Man hat den einzelnen ausgezeichneten Punkten der Mondlandschaften besondere Namen, meist die berühmter Männer aus allen Zeiten gegeben. Daher findet man dort: Pythagoras, Plato, Newton, Kepler, Copernicus, Cook, Columbus, Humboldt, Cäsar, Bradley, Franklin u. s. w. in friedlicher Eintracht. Die mattern in's Graue spielenden Stellen der Mondoberfläche sind im Ganzen ebener, als die hellen. Erstere hielt man früher für Meere, daher man dort ein Wolken-, Nebel-, Nectarmeer, eine stille, stürmische, heitere, fruchtbare See, einen Regenbogen-, Thaumeerbusen und dergl. findet. Längere Gebirgsreihen haben auch den Namen irdischer Gebirgszüge, als Cor-

*) Dieser Winkel ergiebt sich aus dem jedesmaligen Stand von Mond, Erde und Sonne sehr einfach. Ich will meinen Lesern das Vergnügen nicht nehmen, sich die Figur dazu selbst zu erfinden.

dilleren, Kaukasus, Apenninen, Pyrenäen u. s. w. erhalten. Wer die Mondoberfläche im Einzelnen kennen zu lernen, die Mondlandschaften gleichsam zu bereisen wünscht, den verweisen wir auf die Mondcharten und Mondbeschreibungen von Beer und Mädler.

558.

„Wir finden auf dem Monde eine Grundform der Gebirgsbil„dung vorherrschend, die von denen auf der Erde vorkommenden gänz„lich verschieden ist und sich am einfachsten als ein kreisförmiger rings „geschlossener Wall charakterisiren läßt, der ein mehr oder weniger „flaches Thal einschließt.“ Die größern davon hat man Wall-ebenen*) (s. Plato Fig. **140**) genannt. — „Ihre innere Fläche „ist selten oder nie ganz eben. Man findet darin Hügelgruppen, brei„tere Landrücken, schmale aderartige Höhenzüge, kraterartige Vertie„fungen, oder auch wohl blasenartig aufgetriebene Stellen, die oft „eine höchst reizende landschaftliche Mannigfaltigkeit darbieten.“ Die kleinern Bildungen, bis zu ein Paar Meilen herunter, führen den Namen:

Ringgebirge (Fig. **140** a, b, e), die in vielen Mondgegenden so dicht gedrängt stehen, daß sich ihre Wälle von Außen berühren. Häufig fällt bei ihnen der Wall nach beiden Seiten in Terrassen ab, im Innern findet sich aber meistens ein oft kegelförmig zulaufender Centralberg. „Dieser bezeichnet fast immer die Mitte der „nach Innen steil abstürzenden Vertiefung, erreicht aber nie die Höhe „des äußern Walles.“ — In noch größerer fast unzähliger Menge treten die kleinsten dieser kesselartigen und meist sehr tiefen Schluchten unter dem Namen

Krater auf (Fig. **140** d, g, n). Sehr gewöhnlich sieht man viele derselben wie Perlenschnüre aneinander gereiht, und so innig mit einander verbunden, daß zwei benachbarte nur einen Wall haben, ja oft eine Art Thor aus einem Krater in den andern führt. Einige erscheinen in der Vollmondbeleuchtung im Innern stark glänzend, andere dagegen sind im Innern ganz dunkel und nur der Rand zeigt sich als ein zarter Lichtring. „Sie kommen in den verschiedensten „Localitäten vor, in Ebenen, Ringflächen, an und auf den Wällen „derselben, zwischen Gebirgszügen, an und auf flacheren Landrücken ꝛc.“

559.

Seltener als diese kranzartigen Höhenzüge, kommen Gebirgsketten, denen auf unserer Erde ähnlich, vor, nur laufen sie fast nie in Aeste aus. Weit häufiger sind isolirte Berge (Fig. **140** m, o), oder Gruppen von Hügeln zu finden.

---

*) Böhmen würde, vom Monde aus gesehen, wahrscheinlich einen ähnlichen Anblick gewähren.

„Die grauen ebenern Landschaften des Mondes sind ohne Aus„nahme von langen, flachen, geraden oder doch nur in großen freien „Krümmungen dahinstreichenden Höhenrücken durchzogen, die man — „nicht ganz passend — Bergadern genannt hat. Sie hängen nicht „mit größern Gebirgen zusammen, sondern ihr Anfang und Ende liegt „meist in der Ebene."

560.

Eine räthselhafte Formation sind die sogenannten Rillen, schmale, tiefe Furchen (Fig. **140** von d über n nach m und von n nach dem oberen Rande der Figur laufend), die geradlinig oder nur in sehr mäßigen Krümmungen durch Ebenen oder auch Gebirgslandschaften streichen. Man hielt sie wohl früher für Flußbetten, indessen sind sie fast immer gleichbreit, setzen über Berge von beträchtlicher Höhe hin, und ihr Anfang und Ende ist meist durch nichts ausgezeichnet. — Deshalb, und weil ihre Breite doch immer noch nach Tausenden von Fußen gemessen werden muß, sind sie auch schwerlich für Landstraßen oder dergleichen Anlagen zu halten.

561.

Daß die sogenannten Meere nicht wirklich Meere sind, zeigt di: genauere Betrachtung ihrer Oberfläche sogleich, denn wenn diese Strecken auch gegen andere mit Bergen besäte Landschaften des Mondes eben zu nennen sind, so sind sie es doch keineswegs absolut. Ueberall finden sich kleine Erhöhungen und Vertiefungen. Aber auch aus andern Gründen übersieht man leicht, daß es auf dem Monde keine Gewässer wie auf unserer Erde geben kann. Denn wo Wasser ist, da verdunstet dies auch, da bilden sich Wolken und Nebel. — Von beiden ist aber auf dem Mond auch keine Spur zu finden. Ja, nicht einmal von einer Lufthülle kann dieser Himmelskörper umgeben sein; denn beobachten wir die Randlandschaften, so zeigen sich diese eben so klar und bestimmt wie die der Mitte. Wäre aber auch nur reine, heitere, Luft auf dem Monde, völlig frei von Wolken, so müßte uns der Rand desselben, den wir dann durch eine viel tiefere Schicht von Luft erblicken würden, viel matter, unklarer, erscheinen. Wissen wir doch, daß unsere Luft das Licht so schwächt, daß wir durch die dickere Schicht am Horizont ungestraft in die Sonne blicken können, daß uns die entlegenen, mit grünem Wald bewachsenen Berge immer matter erscheinen, bis sie sich in weiter Ferne nur noch in schwachem Blaugrau zeigen. Ebenso müßte der Glanz eines Sternes, der sich dem Mondrande zu nähern scheint, allmälig immer schwächer werden, gelangte sein Licht erst durch eine dicke Luftschicht zu uns, statt daß er in voller Klarheit bis an den Rand des Mondes rückt, um hinter demselben urplötzlich zu verschwinden.

562.

Versetzen wir uns in Gedanken auf den Mond und betrachten den gestirnten Himmel, so finden wir ihn scheinbar in $27^1/_3$ Erdentagen (der siderischen Rotationszeit, die mit dem siderischen Umlauf um unsere Erde einerlei Dauer hat) um eine Axe rotiren, deren Nordpol nur $1^1/_2$ Grad von dem Punkt E (auf Taf. 9) dem Nordpol der Ekliptik im Sternbild des Drachens absteht und in 19 Jahren in demselben Abstand einmal um diesen herum wandert (371). Ein Sonnentag, von einer Culmination der Sonne bis zur nächsten, dauert $29^1/_2$ unserer Tage. Zur Zeit des Neumonds hat ein Bewohner der Mitte der uns zugewandten Halbkugel Mitternacht, beim ersten Viertel begrüßt er die aufgehende Sonne; ist es bei uns Vollmond, so hat er Mittag, zur Zeit des letzten Viertels aber beginnt sein Abend. Das Jahr (Umlauf um die Sonne, unserem Erdenjahr gleich) besteht aus $12^1/_3$ Sonnen- oder $13^1/_3$ Sterntagen.

Der Unterschied in den Mittagshöhen der Sonne für einen bestimmten Ort beträgt nur 3°, daher dort Jahreszeiten fast ganz wegfallen müssen und ebenso der Unterschied in der Länge der Tage verhältnißmäßig nur unbedeutend sein kann. Die heiße Zone, wenn wir so reden dürfen, ist nur 3°, eine gemäßigte 87° breit. In letzterer dauert der längste Tag 450, der kürzeste 260 Stunden.

563.

Es dreht sich also scheinbar der Himmel mit großer Langsamkeit um den Mond herum, nur ein Himmelskörper, der alle andern an Größe weit übertrifft, macht allein von der allgemeinen Umwälzung eine Ausnahme; dies ist unsere Erde, die für jeden bestimmten Punkt des Mondes fast unbeweglich an einer bestimmten Stelle über dem Horizont stehen bleibt *), während die andern Gestirne sammt der Sonne langsam hinter ihr herziehen.

Dabei durchläuft diese Erdkugel, die an Fläche 16 mal größer erscheint, als uns der Mond, genau denselben Cyclus von Phasen, wie sie uns der Mond zeigt. Sehen wir hier Vollmond, so wird dort Neuerde sein, zur Zeit des letzten Mondviertels erblickt man auf dem Monde das erste Erdviertel und Neumond trifft mit Vollerde zusammen.

564.

Sehr leicht muß man auch bemerken, wie die Erde (scheinbar in 24 Stunden 50 Minuten unserer Zeit) um ihre Axe rotirt, denn selbst

*) Für den Mittelpunkt der uns zugewandten Mondhalbkugel z. B. im Zenith, für einen Ort am Rande der Mondscheibe am Horizont. Auf der von uns abgewandten Seite bleibt sie freilich immer unter dem Horizont.

Theile unserer Erde, die nicht größer sind als Corsica, würden wir dort noch recht wohl mit bloßen Augen unterscheiden können.

Wie aber die Farbe und Helligkeit der verschiedenen Erdoberflächentheile vom Mond aus sich darstellen würde, können wir freilich nicht bestimmt sagen. Der hellste Punkt mag der sein, wo sich die Sonne gerade im Meer spiegelt. Daß aber im Allgemeinen das Land sich heller zeigen würde als das Wasser, scheint aus irdischen Beobachtungen bestimmt hervorzugehen. Erblicken wir nämlich den Mond als schmale Sichel, so sehen wir auch den dunklen Theil des Mondes in mattem aschfarbigen Scheine sehr deutlich von dem dunkeln Himmelsraum unterschieden. Dies Licht, der Wiederschein der vom Erdschein beleuchteten Mondfläche, zeigt sich aber jedesmal heller, wenn die an Land reichere, Europa, Asien und Afrika enthaltende, Hemisphäre, als wenn die westliche, wasserreichere, Halbkugel der Erde den Mond beleuchtet.

(565.)

Um uns von den in 562 ꝛc. erwähnten Thatsachen einigermaßen Rechenschaft zu geben, sei (Fig. 154) E die Erde, M M′ die Mondbahn, 5^0 gegen die Ekliptik geneigt. Da E M 60 Erdhalbmesser beträgt, so findet man leicht, daß der Mond, wenn er am höchsten oder tiefsten über der wirklichen Ekliptik steht, noch nicht 6 Erdhalbmesser, oder etwa $^1/_{20}$ Sonnenhalbmesser über oder unter derselben sich befindet, so daß also eine Ebene durch M oder M′ parallel mit der wahren durch den Sonnenmittelpunkt gehenden Ekliptik die Sonne noch in einer Linie trifft, die nur um $^1/_{20}$ des Sonnenhalbmessers von ihrem Mittelpunkt absteht, daher wir recht wohl alle durch den Mond mit der wahren Ekliptik allemal parallel gehenden Ebenen als Ekliptik betrachten können.

Die Rotationsaxe des Mondes n M ... (n der Nordpol) macht nun mit der Ekliptikebene einen Winkel von $88^1/_2$, der Aequator M a also einen von $1^1/_2$ Grad. Während sich der Mond in $27^1/_3$ Tag um seine Axe dreht, geht er in derselben Ellipse wie die Erde um die Sonne; — denn daß seine Bahn um die Sonne eigentlich in kleinen Ausbiegungen (nach der Sonne hin und von ihr hinweg über und unter die Ekliptikebene) um die reine Erdbahnellipse sich hinschlängelt, können wir hier ganz unberücksichtigt lassen —. Die Schiefe der Ekliptik auf dem Mond beträgt also $1^1/_2$ Grad. Steht die Sonne in S, so sieht ein Bewohner des Mondäquators, a, zu seiner Mittagszeit die Sonne $1^1/_2{}^0$ südlich, denselben Punkt aber, wenn nach 6 Mondtagen die Sonne in S′ und er in a′ steht, $1^1/_2$ Grad nördlich vom Zenith.

(566.)

Der Punkt a bleibt, wie schon öfter erwähnt, immer nach der Erde hin gewandt, weil er aber von der Mondbahn (um die Erde)

$6^1/_2$ Grad absteht, so erblickt er die Erde, wenn der Mond in M steht, $6^1/_2{}^0$ südlich, nach einem halben Umlauf um die Erde, in M', aber ebensoviel nördlich vom Zenith. Die Erde schwankt ihm also (und ebenso jedem andern Punkt des Mondes) innerhalb eines Monats 13 Grade in der Richtung von Nord nach Süd, und umgekehrt, auf und nieder. Für unsere Erde bewirkt diese Neigung des Aequators gegen die Bahn (um die Erde) ein scheinbares Aufundniedergehen der Mondoberfläche, denn da uns immer der Punkt des Mondes, den die E M, der Gesichtsstrahl von uns nach dem Monde, trifft, in der Mitte der Scheibe steht, so sehen wir, wenn der Mond in M ist, den Südpol dieser Mitte näher, als den untern Rand des Mondes, den Nordpol aber gar nicht, den Punkt a aber nördlich von der Mitte. Ist dagegen der Mond in M', so steht der Punkt a (a') südlich von der Mitte, der Nordpol ist dieser näher als der Rand, der Südpol aber ganz unsichtbar. — Dieses periodische scheinbare Schwanken der Mondoberfläche in der Richtung von Süd nach Nord heißt Libration der Breite.

(567.)

Aber auch in der Richtung von Ost nach West scheint der Mond sich etwas hin- und herzudrehen. Sei (Fig. 150) die Erde in S, der Mond in p, und o die scheinbare Mitte der Mondscheibe, so wird, weil die Rotation des Mondes durchaus gleichmäßig (wie alle Rotationen der Himmelskörper), sein Umlauf um uns aber nach dem 2ten Keplerschen Gesetz ungleichmäßig ist, nach einer Rotation um 90^0 der Mond in 5 und die Linie 5o, vom Mittelpunkt nach dem Punkt o, senkrecht zu aSp stehen. Eine Linie von der Erde, S, nach dem Mondmittelpunkt trifft aber dann nicht o, sondern den westlich davon gelegenen Punkt l. Es hat sich also scheinbar der Mond, während er von p nach 5 ging, allmälig bis zu einem Winkel l5o, der etwa 7 bis 8 Grad beträgt, nach Osten zu gedreht, so daß wir noch ein Stück der Mondoberfläche 7^0 weiter östlich von dem östlichen Rand, wie er in p erschien, erblicken können. Kommt der Mond in a an, so ist wieder o die Mitte der Scheibe. In der andern Hälfte der Bahn rückt o scheinbar nach Westen, bis zu einer gleichen Weite, um in p wieder den Mittelpunkt der Scheibe einzunehmen. Dieses Hinundherschwanken in der Richtung von Ost nach West und umgekehrt heißt Libration der Länge, die also 14 bis 16 Grade betragen kann. — Der Punkt o auf dem Mond (und ebenso alle andern Orte des Mondes, von denen die Erde überhaupt sichtbar ist) sieht aber innerhalb eines Monats, dieser Libration wegen, die Erde am Himmel in der Richtung von Ost nach West und umgekehrt hin- und herschwanken. Ist der Mond in p, so erblickt er die Erde im Zenith in 5 angelangt 7^0 nach Osten, in a angekommen, wieder im Zenith u. s. w. — Daher verweilt die Erde für einen bestimmten Ort des Mondes — von der scheinbaren Umwälzung des Himmels

ausgeschlossen — stets innerhalb eines Raums von etwa 13° Breite und 15° Länge am Firmament. —

568.

Fragen wir jetzt nach den Mondbewohnern, so müssen diese von denen unserer Erde sehr verschieden sein. Ein Wohnplatz, dem Luft und Wasser und also auch Feuer fehlt, weil dieses ohne Luft nicht existiren kann, würde für uns augenblicklichen Tod herbeiführen. Die scharfen Gegensätze zwischen Licht und Schatten, der Mangel eines vermittelnden Halbdunkels, der Dämmerung, die Länge des glänzenden Tages und der darauf folgenden 14tägigen Nacht macht es nothwendig, daß die Sehwerkzeuge und das Gefühl für Wärme und Kälte demgemäß eingerichtet seien. „Wenn dort, wie hier, die Nacht „zur Ruhe, der Tag zur Wirksamkeit bestimmt ist, so muß der Körper weit langsamer ermüden als bei uns, überhaupt wird sich die „große Leichtigkeit, mit welcher alle Bewegungen auf dem Monde, der „geringeren Schwerkraft wegen, hervorgebracht werden, auch in den „Bewegungswerkzeugen der Bewohner aussprechen."

569.

Solche allgemeine Andeutungen über die Bewohner unseres Trabanten, geschlossen aus den Unterschieden des physischen Verhaltens des Mondes und unserer Erde, sind alles, was sich für jetzt, und wahrscheinlich für immer über diesen Gegenstand sagen läßt. Einen Mondbewohner zu sehen, wird kaum jemals gelingen. Die Hoffnung durch Vergrößerung der Fernröhre endlich Gegenstände von der Größe eines Menschen auf dem Monde zu unterscheiden, findet in der zunehmenden Undeutlichkeit der Bilder für solche enorme Vergrößerungen und in vielen andern praktischen Schwierigkeiten unübersteigliche Hindernisse.

Vielleicht fällt einem oder dem andern meiner Leser ein kleines Schriftchen in die Hände: Neueste Berichte über Sir John Herschels höchst merkwürdige Entdeckungen, den Mond und seine Bewohner betreffend — eine Münchhausiade, die wohl der ungeduldigen Phantasie schmeichelt, aber um so gefährlicher ist, je mehr sie mit scheinbarer Einfachheit, genauer Angabe der Beobachtungsweisen und Beschreibung der dazu gebrauchten Instrumente dem Laien die wunderlichsten Träumereien aufbürdet.

Mars.

570.

Da Mars weiter von der Sonne entfernt ist, als die Erde, kann er niemals zwischen Erde und Sonne gelangen. Daher kann er uns

auch keinen vollständigen Cyclus von Phasen zeigen, wie Mercur, Venus oder der Mond. Nur durch starke Vergrößerungen bemerkt man, daß ihm, wenn der Winkel Mars Erde Sonne nahe 90° beträgt, eine kleine Sichel fehlt, wie dem Mond einige Tage vor oder nach dem Vollmond.

In seiner Opposition, wo er der Erde am nächsten steht, bemerkt man auf seiner Oberfläche Flecken, durch welche man seine Rotationszeit und die Lage seiner Axe bestimmt hat. „Am auffallendsten sind „unter diesen zwei blendendweiße Stellen von kreisförmiger Gestalt, „welche die beiden Pole dieses Planeten umgeben. Da sie wechselsweise, und zwar jeder zu der Zeit am hellsten und größten erscheinen, wenn sein Pol eben Winter hat, so ist kaum zu zweifeln, daß „sie Schnee oder Eisfelder sind, von welchen die Polargrade der Marsoberfläche, wie die unserer Erde, bedeckt werden."

571.

Seine Schiefe der Ekliptik beträgt etwa 29°; daher werden auch seine Jahreszeiten mehr von einander verschieden sein als bei uns, besonders da dieser Unterschied noch durch die beinahe doppelte Länge des Jahres verstärkt wird. Auch bei ihm ist, wie bei der Erde, nur in viel grellerem Maße, die Zeit von der Frühlingsnachtgleiche der Nordhalbkugel bis zur Herbstnachtgleiche verschieden von der Periode von der Herbst- bis zur Frühlingsnachtgleiche. Erstere beträgt etwa 76 Marstage mehr. Dies rührt daher, daß Mars während des Frühlings und Sommers seiner Nordhalbkugel weiter von der Sonne entfernt, seine Bahngeschwindigkeit daselbst also (505,2) geringer ist. Nimmt man nun an, daß die Sonne in größerer Nähe stärker erwärme, so folgt für „die Nordhalbkugel ein langer gemäßigter Sommer, und ein kurzer milder Winter, für die Südhalbkugel aber ein kurzer heißer Sommer, und ein langer strenger Winter" gerade wie bei der Erde, nur daß dieser Unterschied bei letzterer nicht so auffallend ist, weil ihre Ellipse mehr einem Kreise sich nähert, also die Sonne mehr im Mittelpunkt der Planetenbahn steht, als bei Mars.

Die Asteroiden, Vesta, Juno, Ceres, Pallas.

572.

Diese unterscheiden sich von den übrigen Planeten in vielen Beziehungen, so daß sie gleichsam eine eigene Gruppe bilden.

Zuerst bemerken wir die große Neigung ihrer Bahnen gegen die Ekliptik. Bei Pallas beträgt diese sogar 34°, so daß dieser Planet die Grenze, die allen andern gesteckt zu sein schien, den Thierkreis, weit überschreitet.

Sie sind alle ziemlich gleichweit von der Sonne entfernt, weß-

halb man auch die Vermuthung hegte, es seien die Trümmer eines einzigen Planeten, der lange vielleicht vor unserer Geschichte einer großartigen Katastrophe unterlegen sei. Indessen ist jetzt dafür gesorgt, daß sie sich nicht begegnen. Der Durchschnitt der Ceresbahn z. B. mit der Ekliptik befindet sich da, wo Pallas die größte nördliche oder südliche Breite hat, so daß diese beiden von der Sonne fast gleichweit entfernten Planeten dadurch ewig getrennt sind.

Merkwürdig auch noch ist die große Abweichung der Gestalt ihrer Bahnen von der eines Kreises, indem die große Axe ihrer Ellipse schon auffallend länger ist als die kleine, während man die richtig gezeichneten Bahnen der übrigen Planeten auf den ersten Blick kaum von einem Kreise zu unterscheiden im Stande ist. Bei der Junobahn z. B. steht die Sonne so weit aus dem Mittelpunkte der Ellipse, daß Juno in der Sonnennähe nur **41**, in der Sonnenferne aber 69 Millionen Meilen von der Quelle ihres Lichtes entfernt ist.

Eine andere charakteristische Eigenschaft der Asteroiden ist ihre Kleinheit. Vesta's Durchmesser ist wahrscheinlich noch kleiner als 60 Meilen, ihre Oberfläche demnach kaum so groß als Deutschland und selbst Pallas, der größte unter ihnen, erreicht unsern Mond noch nicht an Größe.

Trotz ihrer Kleinheit aber funkeln sie mit blendendem Licht, so daß es unter günstigen Umständen wohl gelingt sie mit unbewaffnetem Auge zu sehen.

Ihre Rotationszeiten kennt man nicht.

Jupiter mit seinen vier Trabanten.

573.

In einer mittleren Entfernung von **108** Millionen Meilen von der Sonne durchläuft der kolossale Jupiter seine fast **400** Millionen Meilen lange Bahn. Er ist der größte aller Planeten; **1400** Erdkugeln zusammengeballt gäben erst eine Jupiterskugel, ja selbst alle Planeten zusammengenommen erreichen ihn noch nicht an Größe; aber doch beträgt er nur den tausendsten Theil der Sonne (s. Uebers. Tab. G). Seine Dichtigkeit stimmt fast genau mit der der Sonne überein.

Auf seiner Oberfläche erblickt man vier bis fünf große, unter einander und mit der Ekliptik nahe parallele, dunkle Streifen, die durch die ganze Scheibe des Planeten gehen und ihre Gestalt und Größe im Allgemeinen nicht verändern. Außer diesen giebt es aber in den hellen Stellen noch eine große Anzahl dunkler, sehr veränderlicher, Flecken, die oft in wenigen Stunden entstehen und wieder vergehen. Wahrscheinlich gehören diese alle der Atmosphäre Jupiters an, die bedeutend dichter als unsere Luft zu sein scheint. —

Aus der regelmäßigen Wiederkehr von Flecken, die längere Zeit unverändert blieben, hat man die Rotationszeit oder den Jupiterstag

zu circa 10 unserer Stunden und die Schiefe der Ekliptik auf ihm zu etwa 3^0 gefunden. Die heiße Zone, um unsere Verhältnisse auf ihn überzutragen, ist also nur 6^0; die gemäßigte 84^0 breit.

574.

Die bedeutende Masse Jupiters, die trotz seiner geringen Dichtigkeit doch die der Erde noch fast 500 mal übertrifft, giebt ihm die Macht ein eignes kleines System von Himmelskörpern zu regieren, die ihn auf seiner weiten Bahn um die Sonne begleiten. Schon durch schwache Fernröhre erblickt man diese vier Trabanten wie Sterne sechster Größe sich um ihn hin und her bewegen. Die Neigung ihrer Bahnen gegen die Jupitersbahn beträgt bei allen nur wenige Grade, so daß sie, da auch die Jupiterbahn nur 1^0 gegen die Ekliptik geneigt ist, fast stets in der Richtung der Ekliptik und zugleich fast in der Ebene des Jupiteräquators sich befinden.

„Galiläi, der sie 1610 zuerst sah, nannte sie Mediceische Sterne, „dem Hof zu Ehren, dem er Schutz gegen fremde Verfolgungen ver„dankte.“ — Jetzt zählt man sie blos, und nennt den dem Hauptplaneten nächsten den ersten.

Ihre mittleren Entfernungen sind für

d. 1sten	6	Jupiterhalbmesser	od.	58000	M.,	seine Umlaufszeit	1	T.	$18^1/_2$	St.
„ 2ten	$9^1/_2$	„	„	93000	„	„ „	3	„	$13^1/_4$	„
„ 3ten	$15^1/_3$	„	„	148000	„	„ „	7	„	$3^3/_4$	„
„ 4ten	27	„	„	260000	„	„ „	16	„	$16^1/_2$	„

Der erste, etwas weiter von seinem Hauptplaneten, als der Mond von uns, erblickt den Jupiter unter einem scheinbaren Durchmesser von fast 20^0, so daß dieser ihm das ganze Sternbild des Orion verdecken kann, während die Sonne wie auf Jupiter selbst keine 6 Minuten scheinbare Größe hat.

575.

Wenn die Erde, von der Sonne aus gesehen, rechts vom Jupiter steht, sieht man diese Satelliten oft auf der rechten (westlichen) Seite ihres Hauptplaneten lange ehe sie den Rand desselben erreicht haben, plötzlich verschwinden. Dies sind unsern Mondfinsternissen ganz analoge Erscheinungen, wobei der Trabant in den Schattenkegel Jupiters eintritt. Der Austritt, oder das Ende der Verfinsterung, wird bei den beiden ersten, dem Jupiter nächsten Trabanten, durch die Scheibe Jupiters verdeckt, bei dem dritten und vierten Satelliten gewahrt man aber oft sowohl Eintritt als Austritt aus dem Schatten. — Steht die Erde aber, von der Sonne aus betrachtet, links vom Jupiter, so zeigen die beiden ersten Trabanten, nachdem sie zuerst hinter der Scheibe Jupiters verschwunden, um dann in den Schattenkegel einzutauchen, blos den Austritt aus demselben.

Ebenso bemerkt man oft einen der Satelliten als hellen, runden, weißeren Fleck vor der gelben Jupiterscheibe von Ost nach West her-

ziehen. Mit ihm geht dann auf der Planetenscheibe ein gleichgroßer schwarzer, der nichts anderes ist, als der Schatten des Satelliten, und auf der Oberfläche Jupiters also eine Sonnenfinsterniß hervorbringt.

576.

Bei dem vierten bemerkt man eine regelmäßige Aenderung seines Lichts. Ist er weiter von uns entfernt als Jupiter, so ist er glänzender, als wenn er uns näher steht, obgleich seine Helligkeit mit der weiteren Entfernung abnehmen müßte. Es scheint also, daß wir bei diesen verschiedenen Stellungen verschiedene Seiten seiner Oberfläche zu sehen bekommen, von denen die, die er uns in größerer Ferne zeigt, das Licht besser zurückwirft. Daraus geht dann hervor, daß er, wie der Mond der Erde, so seinem Hauptplaneten immer dieselbe Seite zukehrt, oder daß die Zeit seiner Rotation und Revolution, wie bei unserm Mond, gleich ist; ein Verhältniß, das man auch bei den übrigen bemerkt hat, und das bei allen Trabanten unseres Planetensystems stattzufinden scheint. Daher gilt hier auch alles, was beim Mond über den Anblick, den ihm der Hauptplanet gewährt, erinnert worden, namentlich, daß dieser einem bestimmten Ort des Satelliten immer an derselben Stelle des Firmaments zu stehen scheint, während eines Trabantenumlaufs alle Phasen durchläuft, und dabei durch seine Rotation nach und nach seine Oberfläche vor dem Satelliten entfaltet. Einem Jupiterstrabanten erscheint überhaupt das Firmament viel reicher geschmückt, als uns, denn außer seinem kolossalen Hauptplaneten sieht er auch noch die übrigen Trabanten in bedeutender Größe sich am Himmel herumtummeln.

Da die Bewegungen der Satelliten so schnell sind, daß fast alle Tage eine Verfinsterung irgend eines derselben eintritt, so kann man sie vortrefflich zur Bestimmung der geographischen Länge, wie Pulversignale, benutzen, und dazu sind sie auch namentlich den Seefahrern unentbehrlich (222).

Saturn mit den Ringen und sieben Trabanten.

577.

Man erkennt Saturn leicht an seinem matten in's Röthliche spielenden Licht, das ihn zwar noch als Stern erster Größe, aber doch schwächer als Mars, leuchten läßt. — Ist er einmal erkannt, so ist er, seiner sehr langsamen Bewegung wegen, auch nach Wochen und Monaten noch bei denselben Fixsternen anzutreffen.

Seine Masse beträgt nur das **100**fache der Erdmasse, da er aber **770** mal größer ist, so ist seine Dichtigkeit nur etwa $^1/_8$ von der der Erde, also weit geringer als die unseres Wassers, ungefähr wie die des Lindenholzes. An Wasser, wie es sich bei uns findet, ist daher auf seiner Oberfläche nicht zu denken, denn wäre diese auch eben so

dicht, als das Innere der Saturnkugel, so würde das Land, wenn es nicht fest zusammenhinge, doch wie Sägespäne auf demselben schwimmen.

Er zeigt auch, wie Jupiter, Streifen, die seinem Aequator parallel sind. Aus Fleckenbeobachtungen hat man die Neigung desselben gegen seine Bahn, also seine Ekliptik zu 30°, so wie seine Rotationszeit zu $10^1/_2$ Stunde bestimmt.

578.

Man hat bei ihm nach und nach 7 Trabanten entdeckt, die aber nur mit sehr starken Fernröhren zu sehen sind. Die Bahnen derselben, mit Ausnahme der des letzten, liegen alle beinahe in der Ebene des Saturnäquators. Wegen dieser starken Neigung der Trabantenbahnen gegen die Saturnbahn (bei unserm Mond beträgt sie nur 5°) sind daher Finsternisse dort eine seltene Erscheinung. In runden Zahlen ist

für den	1.	die Umlaufszeit	–	T.	$22^1/_2$	St.;	die Entfern.	von ♄		20000	Meil.
„ „	2.	„	„		1 „ 9		„ „	„	„ „	26000	„
„ „	3.	„	„		1 „ 21		„ „	„	„ „	43000	„
„ „	4.	„	„		2 „ 18		„ „	„	„ „	56000	„
„ „	5.	„	„		4 „ 12		„ „	„	„ „	77000	„
„ „	6.	„	„		15 „ $22^3/_4$		„ „	„	„ „	169000	„
„ „	7.	„	„		79 „ 8		„ „	„	„ „	525000	„

Auch bei ihnen hat man, wie bei den Jupiterstrabanten und unserem Monde, die Rotation und Revolution gleich gefunden.

579.

Die merkwürdigste Eigenthümlichkeit Saturns sind die, ihn concentrisch umgebenden, breiten aber dünnen Ringe (Fig. 141), die frei im Raume ihn in der Ebene seines Aequators umschweben. Mit der Ekliptik macht ihre Ebene einen Winkel von 30°. Die Breite derselben beträgt etwa 6000 Meilen, ihre Entfernung vom Saturnäquator 4600 Meilen. — Sie können uns bei den verschiedenen Stellungen von Saturn, Sonne, Erde unter verschiedenen Gestalten erscheinen, bald als Ellipse, deren nördliche, bald als gerade Linie, bald als Ellipse, deren südliche Fläche uns zugewandt ist. Als reinen Kreis sehen wir sie niemals, weil sie nie in eine solche Lage kommen, daß ihr (oder Saturns) Nordpol uns zugewandt wäre.

580.

Denken wir uns den Saturn (Fig. 155) im Kreise ABCMD...., die Erde in a d g k um die Sonne, S, gehend, so wird die Ebene der Saturnsringe die Ekliptikebene in Linien schneiden, die stets unter sich parallel bleiben und etwa die Richtung A C, F D (vom 167sten bis 347sten Grad der Ekliptik) haben mögen. Von einem Punkte,

z. B. A, an, wo diese Knotenlinie der Saturnsringe, verlängert, die Erdbahnlinie, in k, berührt, geht Saturn in 14 Jahren durch den Bogen A B C und wir sehen daher stets die erleuchtete, z. B. nördliche Seite der Ringe, so daß diese immer mit Saturn zugleich sichtbar sind.

581.

Während Saturn (in etwa 358 Tagen) von C nach D wandert, geht die Knotenlinie der Ringebene durch die Erdbahn. Daher kann es kommen, daß Erde und Sonne auf entgegengesetzter Seite der verlängerten Knotenlinie sind, so daß also die Ringe ihre dunkle Seite der Erde zukehren, und uns so unsichtbar werden. — Je nach dem Orte, an dem sich die Erde gerade befindet, wenn Saturn nach C kommt, kann die Erde während dieses 15ten Jahres einmal oder zweimal und zwar auf kürzere oder längere Zeit auf der unerleuchteten Seite der Ringe verweilen, so daß diese einmal oder zweimal verschwinden und wieder sichtbar werden.*) — Befindet sich Saturn in M, wo seine Ringebene erweitert durch die Sonne geht, so wird blos die scharfe Kante der Ringe erleuchtet, und dann sind diese (außer für die lichtstärksten größten Fernröhre) unsichtbar, die Erde mag stehen, wo sie will. — Wenn vom 16ten bis 30sten Jahre Saturn von D durch E nach F geht, ist die Südhälfte der Ringe erleuchtet, diese also, weil die Erde auf derselben Seite mit der Sonne steht, immer mit Saturn zugleich sichtbar. Im 30sten Jahre endlich, wo Saturn von F bis A läuft, tritt die Abwechselung zwischen der Sichtbarkeit und dem Verschwinden der Ringe wieder ein, wie im 15ten Jahre. — In der Nähe von G und M erscheint die Ringellipse sehr schmal, fast als gerade Linie — genau als solche, aber unsichtbar, wenn die Erde in der erweiterten Ringebene sich befindet, ohne daß Saturn gerade in Opposition steht. — Von G bis B wächst die Ellipse an Breite, bei B hat die kleine Axe bis zu ihrem größten Werthe, der halben (unveränderlichen) großen Axe, zugenommen, um nach M hin wieder allmälig abzunehmen. — Von M bis E wird die Ellipse wieder breiter, von E bis G aber zieht sie sich wieder zur geraden Linie zusammen. —

(582.)

Um die näheren Bedingungen des Wechsels zwischen Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit der Ringe zu überblicken, theilen wir uns den Weg Saturns von C bis D in (Fig. 156) etwa in 12 gleiche Theile, deren jeder also in beinahe 30 Tagen durchlaufen wird, ebenso auch die Erdbahnlinie a b c d .... in 12 Theile, die die Erde in je $30^1/_2$ Tagen (Monat) zurücklegen mag. Die mit S M durch die einzelnen Theilungspunkte in C D parallel gezogenen Linien stellen die Knotenlinie

*) Diese Abwechselung wird zunächst im Jahre 1847 stattfinden.

der Ringebene dar. Sei nun z. B. die Erde im Punkte e, wenn Saturn in C anlangt, und wandere, während letzterer in 358 Tagen von C bis D geht, in der Richtung des Pfeils beinahe wieder bis e. — In der Zeit, daß die Erde von e bis beinahe nach h gelangt, geht Saturn von C nach 3, und immer war hier die Erde mit der Sonne auf derselben Seite der Knotenlinie, die Ringe also mit Saturn zugleich sichtbar. Sehr bald geht nun die Erde durch die Knotenlinie und kommt so auf die dunkele Seite der Ringebene, auf der sie bleibt, während Saturn bis M, sie selbst aber fast bis l wandert. — Jetzt geht die Knotenlinie durch die Sonne, es wechselt also die erleuchtete Seite der Ringe; — war vorher die nördliche, so ist jetzt die Südseite der Ringe erhellt, und die Erde befindet sich wieder auf der hellen Seite derselben, bis, wenn Saturn etwas weiter als nach 9, die Erde etwas weiter als nach b gekommen ist, die Erde wieder durch die Knotenlinie geht, um nun auf der der Sonne entgegengesetzten, also dunkeln, Seite derselben zu bleiben, bis sie zwischen d und e endlich zum zweiten Male auf die erleuchtete Seite tritt. Hier bleibt sie, bis Saturn nach D gelangt und noch weiter den ganzen Bogen von D über E nach F zurücklegt.

Es waren also während dieser 358tägigen Periode die Ringe fast 3 Monate sichtbar, dann beinahe 3 Monate unsichtbar, wieder etwas mehr als ein Vierteljahr sichtbar, zuletzt etwa $2^1/_2$ Monat unsichtbar.

(583.)

Verfolgen wir diesen Wechsel für andere Fälle, in denen die Erde in andern Punkten ihrer Bahn steht, wenn Saturn in C angelangt ist, so stellt er sich anders heraus. — Die Fig. 157 enthält alle diese Fälle zugleich. — Die oberste Zeile stellt den Weg Saturns, die folgenden den Gang der Erde von verschiedenen Anfangspunkten, — die oberste von a, die zweite von b ꝛc. — aus dar. In derselben Verticalreihe befindliche Punkte der Saturnzeile und je einer, fraglichen, Erdzeile sind gleichzeitige Orte der beiden Planeten. So lange die Erde bei ihrer gleichmäßigen Durchwanderung einer Erdzeile sich in der schwarzen Figur befindet, sind die Ringe unsichtbar. — So wird z. B. die Zeile f...f von $h^1/_4$ bis fast nach m, und wieder von $a^1/_2$ bis e von dieser Figur bedeckt. Geht daher die Erde von f aus (wenn Saturn in C ist), so folgt auf ein Sichtbarsein der Ringe von $2^1/_4$ Monat (von f bis $h^1/_4$) eine $3^1/_2$ monatliche Unsichtbarkeit derselben; sind sie von m bis $a^1/_2$ wieder erschienen, so verschwinden sie zum zweiten Male von $a^1/_2$ bis e, fast $3^1/_2$ Monat lang, um nun die nächsten 14 Jahre sichtbar zu bleiben.

Beginnt die Erde, zur Zeit, wo Saturn in C steht, ihren Lauf von Punkten der oberen Hälfte der Bahn in Fig. 156 zwischen d und $k^1/_4$, so findet blos ein einmaliges Verschwinden statt, fängt sie aber von Punkten der untern Hälfte (die mit doppelter Linie gezeichnet

ist) an zu wandern, so giebt es einen doppelten Wechsel des Verschwindens und Wiedererscheinens. Am vortheilhaftesten für die Sichtbarkeit der Ringe ist ein Punkt nahe hinter a, am unvortheilhaftesten dagegen ein Punkt nahe hinter g, als Anfangspunkt des Erdlaufs.

584.

Mancherlei Erscheinungen deuten auf eine Atmosphäre sowohl Saturns als der Ringe. Sie scheint sich, der gegenseitigen Anziehung der Ringe und der Saturnskugel wegen, zwischen diesen besonders angehäuft und verdichtet zu haben, denn der innere Rand des Ringsystems erscheint nie recht scharf abgegrenzt, während sich die Zwischenräume zwischen den verschiedenen Ringen bedeutend schärfer darstellen. Indessen hat man auch durch letztere noch nie mit Gewißheit einen Stern durchschimmern gesehen.

Wenn man die Ringe als gerade Linie sieht, so erkennt man auf ihnen nach oben und unten Erhöhungen und Vertiefungen, und zwar setzt sich eine Erhöhung oben gleichsam durch den Ring nach unten fort, so daß es den Anschein hat, als bestehe ein solcher Ring aus vielen aneinandergereiheten, brockenähnlichen, Stücken, vielleicht Theilen der Saturnmasse selbst, die durch den starken Umschwung vom Hauptkörper sich losgetrennt haben.

585.

„Wenn aber schon von der Erde aus betrachtet dieses Ringsy-
„stem Saturns eines der wunderbarsten und großartigsten Phänomene
„bildet, die der gestirnte Himmel uns zeigt, so ist eine Betrachtung
„der Erscheinungen, welche Saturn und sein Ring sich gegenseitig dar-
„bieten, vollends geeignet, uns in das größte Erstaunen zu versetzen.“

Wegen der verhältnißmäßig großen Nähe der Ringe werden diese nicht von allen Punkten der Saturnskugel sichtbar sein. — Den Bewohnern höherer nördlicher oder südlicher Breiten als 66° werden sie immer ganz unter dem Horizont bleiben; ganz sichtbar sind sie nur vom Saturnäquator bis zu 53° nördlich oder südlich.

Für einen bestimmten Ort auf der Saturnskugel behalten die Ringe stets eine bestimmte Lage am Himmel, und bilden große Bogen, parallel der täglichen Bewegung der Sonne und der übrigen Gestirne.

586.

Während des Sommerhalbjahres einer jeden Halbkugel beleuchtet die Sonne die dem Beschauer zugewandte Fläche der Ringe. Man sieht sie deshalb bei Tage und bei Nacht, nur fehlt während der letzteren scheinbar das vom Saturnsschatten getroffene Stück. Diese Unterbrechung wandert von der Zeit des Sonnenuntergangs bis zum Aufgang derselben von Osten durch Süden nach Westen. Durch diesen leuchtenden Bogen müssen die sehr kurzen Sommernächte bedeutend

auf Saturn erhellt werden, während zugleich das regelmäßig fortwandernde beschattete Stück auch während der Nacht den Sonnenstand erkennen läßt, also gleichsam eine natürliche Uhr darstellt.

Während des Winterhalbjahres dagegen sieht es um die Beleuchtung auf Saturn bedeutend schlimmer aus. Beim Herannahen des Herbstäquinoctiums kommt die Sonne in ihrer Tagbahn dem obern Rande der Ringe immer näher und näher, bis sie in der Ebene des Aequators, also der Ringe, angelangt für einen Bewohner des Saturnäquators verschwindet, — also eine lang dauernde Sonnenfinsterniß eintritt. Für nördlicher gelegene Gegenden tritt diese Sonnenfinsterniß später ein, und dauert länger, weil für sie die Sonne erst bei tiefern, südlichen Declinationen hinter die Ringe tritt, diese aber als breite und dünne Körper dort breiter erscheinen, als für einen Bewohner des Aequators, der in ihrer Ebene sich befindet. Nur wenn die Sonnenstrahlen zwischen den Zwischenräumen der Ringe durchscheinen, wird diese lange Finsterniß kurze Zeit unterbrochen. Ein Ort unter 23^0 nördlicher Breite wird dadurch 10 Erdenjahre hindurch des Anblicks der Sonne beraubt.*)

587.

Da also die Ringe Saturns die kurzen Sommernächte erhellen, dagegen im Winter eine fast ewige, tiefe Nacht bewirken, so können sie unmöglich der Beleuchtung wegen erschaffen sein. „Wir werden „uns in solchen Fällen stets vergebens bemühen, die Absichten, die „der Schöpfer des Weltalls befolgte, mit Entschiedenheit anzugeben. — „Nur das dürfen wir sagen, daß der Verlust an Licht, der für Sa„turn durch den Ring entsteht, keine nachtheiligen Folgen für ihn „habe, was denn auf eine gänzlich verschiedene Naturökonomie jenes „Weltkörpers von der bei uns stattfindenden deutet. Wahrscheinlich „hat auch für die entfernteren Planeten die Sonne überhaupt nicht „die Bedeutung, wie für die näheren, auf denen Alles von ihrem „Licht und ihrer Wärme abhängt und mit der Zunahme der Entfer„nung ist auch eine der Selbstständigkeit und des eigenthümlichen Le„bens verbunden."

588.

Wunderbar muß aber auch der Anblick des Himmels von einem Punkte des Ringsystems aus sich darstellen. — Wählen wir zu diesem Standpunkte z. B. einen Ort auf der, dem Saturn zugewandten,

*) Sehr leicht kann man sich diese Verhältnisse veranschaulichen durch eine Kugel, um die man einen breiten Pappring in der Ebene des Aequators befestigt, ungefähr so wie der Horizontring um die Himmelskugel (Fig. 70). Die Verhältnisse der Dimensionen sind etwa: Durchmesser der Saturnskugel 8, Zwischenraum zwischen ihr und dem innern Ring 2, Breite der gesammten Ringe 3 Theile.

schmalen Fläche des innersten Ringes, so erblicken wir über uns im Zenithe die Saturnskugel 20000 mal größer, als wir unsere Sonne sehen, den 8ten Theil des ganzen Himmels einnehmend. — „Der „Boden aber, auf dem wir stehen, hebt sich auf 2 entgegengesetzten „Seiten sichtbar zum Himmel empor, und umfaßt die Riesenkugel, in„dem er hinter ihr zusammenschließt, so daß der Horizont nur nach „2 Seiten des Himmels hin stattfindet."

Wie es mit der Beleuchtung auf den verschiedenen Punkten des Rings beschaffen sei, mögen meine Leser, im Nothfall mit Hülfe eines Modells, sich selbst ausdenken, und nur dabei berücksichtigen, daß auch der Ring fast in derselben Zeit wie Saturn um die Rotationsaxe Saturns sich dreht.

Uranus mit sechs Trabanten.

589.

In einer Entfernung von fast 20 Erdweiten (Erdbahnhalbmessern) durchläuft der äußerste der uns bekannten Planeten, Uranus, seine Bahn von etwa 2500 Millionen Meilen in beinahe 84 Jahren. Wegen dieser großen Entfernung von uns sehen wir ihn trotz seines wirklichen Durchmessers von mehr als 7000 Meilen nur unter dem scheinbaren von 4″.

Ihn begleiten auf seiner Wanderung 6 Trabanten, die aber selbst in den stärksten Fernröhren nur als so zarte Lichtpünktchen erscheinen, daß wir wenig Sicheres über sie wissen.

Nach Herschel, dem Entdecker des Uranus, hat

der	1ste	Trabant	49000	Meilen	Entfernung,	6	Tage Umlaufszeit.
„	2te	„	63000	„	„	$8\frac{1}{2}$	„ „
„	3te	„	74000	„	„	11	„ „
„	4te	„	85000	„	„	$13\frac{1}{2}$	„ „
„	5te	„	170000	„	„	38	„ „
„	6te	„	340000	„	„	108	„ „

Genauer ist nur der 2te und 4te bekannt. — Merkwürdig ist, daß während die Bahnen der Jupiterstrabanten fast in der Ebene der Jupitersbahn liegen, die der Saturnstrabanten aber 30° gegen die Saturnbahn geneigt sind, die Bahnen der Uranus-Satelliten alle fast senkrecht zur Uranusbahn stehen.

590.

Ueber die Rotationszeit und die Lage der Axe weiß man nichts Bestimmtes. Aus der bedeutenden Abplattung der Uranuskugel, die Herschel wahrgenommen haben will, scheint aber hervorzugehen, daß die Dauer der Rotation wohl noch kürzer als bei Jupiter und Saturn ist.

Wenn man aber nach der Analogie der beiden vorhergehenden Planeten, bei welchen die Ebenen der Trabantenbahnen mit der des

Aequators des Hauptplaneten fast zusammenfielen, hier auch ein Zusammenfallen des Aequators mit den Satellitenbahnen annehmen darf, so ist auf Uranus die Schiefe der Ekliptik fast 90°. — Dann giebt es dort keine abgegrenzten Zonen. Alle 84 Jahre kommt die Sonne selbst Bewohnern der Pole in's Zenith und verweilt daselbst mehr als eins unserer Jahre, indem sie nur in engen Kreisen sich um dasselbe dreht.

591.

Wie ganz anders als wir müssen die Uranusbewohner organisirt sein, wenn sie bei dieser Beschaffenheit ihres Wohnorts sich wohl und glücklich fühlen wollen. Wir würden, auf ihn versetzt, gar bald unter dem Einfluß der dortigen Natur unterliegen. Denken wir uns nur eine Sonne, die selbst, wenn sie im Zenith steht, nur eine Beleuchtung, unserer Dämmerung gleich, hervorbringen würde, dabei die 42jährige Nacht, nach welcher Jahre lang die Sonne nur eben über den Horizont käme, um mit ihren dürftigen matten Strahlen uns die Sehnsucht nach Licht und Wärme nur um so empfindlicher zu machen.

Planetengruppen.

592.

Vergleichen wir die bis jetzt bekannten 11 Planeten mit einander, so zerfallen sie naturgemäß in drei Gruppen.

Zur ersten, inneren, gehören: Mercur, Venus, Erde und Mars; alle von mittlerer Größe, bedeutender Dichtigkeit, geringer Abplattung, beinahe kreisförmigen Bahnen, mit einer Ausnahme ohne Trabanten, und 24stündiger Rotation.

Die zweite, mittlere, bilden die Asteroiden: Vesta, Juno, Ceres, Pallas, mit stark gegen die Ekliptik geneigten, auffallend elliptischen Bahnen, alle sehr klein, und nahe dieselbe Umlaufszeit habend.

Zur dritten, äußeren, rechnet man die großen, wenig dichten, schnell rotirenden, und daher stark abgeplatteten, trabantenreichen Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus, deren Bahnen sehr wenig gegen die Ekliptik geneigt sind.

Kometen.

593.

Schon oben (436) haben wir der sonderbaren, von der der Planeten meist sehr abweichenden, Gestalt dieser Himmelskörper Erwähnung gethan. Man kann bei ihnen im Allgemeinen drei Theile unterscheiden, den Kern, die Hülle und den Schweif. Die beiden ersten bilden zusammen den Kopf des Kometen, eine niemals scharf begrenzte, nebelige Lichtmasse, in deren Mitte sich der Kern als eine

dichtere, glänzendere, planetenartige Scheibe zeigt. Von dem Kopfe sieht man, meist von der Sonne abgewandt, einen oder zwei Lichtströme auslaufen (vergl. Fig. 142), die weiter entfernt immer matter leuchtend, breiter und verwaschener werden, bis sie sich endlich in dem dunkeln Grunde des Himmels verlieren. Diese Kometenschweife erreichen zuweilen eine außerordentliche scheinbare Länge. Beim Kometen vom Jahre 1618 soll er sich bis auf 104° erstreckt haben.

Uebrigens ist die ganze Masse der Kometen so locker und ätherisch, daß man selbst durch den Kern schon Sterne hindurchschimmern gesehen hat. — Selbst die feinen Wölkchen, die man oft bei untergehender Sonne ganz wie von goldnem Licht durchdrungen erblickt, scheinen aus noch viel gröberem Stoffe gewebt zu sein. — Sie zeigen deshalb auch niemals Phasen.

Indessen haben nicht alle Kometen die erwähnten drei Haupttheile. Es giebt solche ohne Schweif, so wie viele ohne Kern, und überhaupt ist das äußere Ansehen derselben von mannigfacher Art, ja bei einem und demselben verändert sich die Gestalt und die Lichtstärke während der Dauer seiner Sichtbarkeit oft sehr bedeutend.

594.

Erst seit Newton's Zeiten kennt man die Kometen als Himmelskörper, die ebenso wie die Planeten die Sonne in regelmäßigen Bahnen umwandern. Die Kometenbahnen sind auch Ellipsen, in deren einem Brennpunkt der Centralkörper steht, meist aber so langgestreckt, daß ihre größte Entfernung von der Sonne die größte Nähe oft 50, 100 und noch mehrere Male übertrifft. — Daher durchlaufen auch die meisten Kometen ihre Bahnen in so großer Entfernung von uns, daß wir sie selbst mit den stärksten Fernröhren nicht mehr erreichen, und nur in einem kurzen Theil ihres Laufes, wo sie aus der Tiefe des Himmels in die Nähe der Sonne heraufsteigen, beobachten können.

Es giebt gewiß eine große Anzahl von Kometen. In früheren Jahrhunderten konnten nur die größeren, schon dem unbewaffneten Auge auffallenden, beobachtet werden. Seit Entdeckung und Vervollkommnung der Fernröhre in der neuesten Zeit vergeht aber kaum ein Jahr, wo nicht einige gesehen würden. Und doch giebt es gewiß noch viele, die uns nicht nahe genug kommen, um entdeckt zu werden, oder während der kurzen Zeit ihrer Sonnennähe, wo ihre Geschwindigkeit außerordentlich groß ist, wegen trüber Witterung oder deshalb unsichtbar bleiben, weil sie in einer Gegend des Fixsternhimmels sich befinden, die nur bei Tage über dem Horizont des Beobachtungsortes ist.

595.

Da die meisten aber sehr lange Umlaufszeiten haben, so kennt man diese nur von verhältnißmäßig sehr wenigen. Die bekanntesten

unter denen, die regelmäßig zu bestimmten Zeiten in unsere Nähe zurückkehren, sind:

Der Halley'sche Komet, der in 75 Jahren seinen Umlauf vollendet, und in den Jahren 1456, 1531, 1607, 1682, 1759, 1835 beobachtet wurde. In seiner größten Nähe ist er 12 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, erreicht aber in seiner Sonnenferne einen Abstand von 730 Millionen Meilen.

Der Encke'sche Komet, mit der sehr kurzen Umlaufszeit von 3 Jahren 111 Tagen. — Er kann der Sonne bis auf 6 Millionen Meilen nahe kommen; seine größte Entfernung beträgt nur 85 Millionen Meilen. — Er wurde in den Jahren 1818, 1822, 1825, 1828 u. s. w. an den von Encke aus einigen vorhergehenden Beobachtungen berechneten Stellen des Himmels gefunden.

Der Biela'sche Komet. Er durchläuft in etwa $6^3/_4$ Jahren eine Bahn, die, wo sie der Sonne am nächsten ist, nur so weit von dieser absteht, wie unsere Erde, während seine größte Entfernung gegen 130 Millionen Meilen beträgt. Zuerst ward er 1772 gesehen, aber erst bei seiner Wiederkehr 1826 näher bekannt. Es ist ein kleiner unbedeutender Komet, ohne Schweif und ohne die geringste Spur eines festen Kerns.

596.

Die Kometen erleiden ihrer geringen Masse wegen, wenn sie einem größern Himmelskörper nahe kommen, bedeutende Störungen. Im Jahre 1770 wurde ein Komet von $5^1/_2$jähriger Umlaufszeit entdeckt. Dieser war vorher noch nicht erschienen. Erst Jupiter, dem er 1767 sehr nahe kam, gab ihm seinen dermaligen Weg, versetzte ihn aber, als er 1779 wieder mitten durch das Trabantensystem Jupiters ging, in eine viel weitere Bahn. — Daß bei diesem merkwürdigen Zusammentreffen das Jupitersystem auch nicht die geringste Aenderung erfahren, giebt den schlagendsten Beweis für die äußerst geringe Masse der Kometen.

597.

Der Encke'sche Komet bestätigt auf eine auffallende Weise die Vermuthung, daß der unermeßliche Raum zwischen den verschiedenen Himmelskörpern nicht leer, sondern von einem außerordentlich feinen Stoffe erfüllt sei, zu ätherisch, um den dichten Planeten einen nur im Geringsten merklichen Widerstand in ihrem Laufe entgegenzustellen, aber doch dicht genug, um das lockere zarte Kometengewebe in seinem Fluge aufzuhalten. Fällt doch ein Stein in unserer atmosphärischen Luft so, als wäre diese kaum vorhanden, während eine Flaumfeder sich nur mit Mühe hindurcharbeitet. — Nachdem man nämlich gefunden, daß die Ellipse des Encke'schen Kometen immer kleiner wird, berechnete man mit der äußersten Genauigkeit die störenden Einflüsse der Planeten, fand aber, daß diese nicht hinreichten, jenes Phänomen zu erklä-

ren, daß also noch ein Etwas da sein müsse, das die Geschwindigkeit des Kometen verringere und so der Sonne mehr Raum verstatte, den Kometen näher an sich zu ziehen.

598.

Daß bei der ungemeinen Feinheit des Kometenstoffes der Zufall, daß ein Komet der Erde einmal sehr nahe kommen könne, nicht eben so sehr zu fürchten ist, konnte uns schon das erwähnte Beispiel vom Jupitersystem lehren; ob aber freilich ein wirkliches Zusammenstoßen der Erde mit einem Kometen oder wohl besser gesagt, ein Durchgang der Erde durch einen Kometen so ganz ohne Einfluß auf unseren Planeten vorübergehen würde, ist nicht zu behaupten. Indessen ist ein solches Zusammentreffen sehr unwahrscheinlich. Wie sonderbar, wenn eine Kometenbahn gerade die Erdbahnlinie durchschnitte, und wenn auch (wie es wirklich beim Biela'schen Kometen durch einen merkwürdigen Zufall beinahe stattfindet), so müßte doch, da die Erde in einer Stunde gegen 17000 Meilen durchläuft, die Erde und der Komet gerade wenigstens in derselben Stunde zu dem Durchschnitt ihrer Bahnen gelangen, wenn die Erde den Kometen noch zwingen sollte, sich auf sie zu stürzen.

Fixsterne.

599.

Wir haben oben gesehen, daß man die Fixsterne nach dem Grade ihres Glanzes in Gruppen theilt. Solche Abtheilungen können keine scharfe Grenze haben, weßhalb denn auch von verschiedenen Beobachtern einem Stern verschiedene sogenannte Größen zugeschrieben werden. Im Ganzen aber stimmt man doch darin überein, daß man zur ersten Größe etwa 15 bis 20, zur zweiten 50 bis 60, zur dritten gegen 200 Sterne zählt u. s. w. Hieraus sieht man, daß mit abnehmendem Glanze die Menge der Sterne sehr rasch zunimmt, und in der That hat man von der ersten bis siebenten Größe zusammen schon gegen 20000 Sterne in Verzeichnisse gebracht. Wollte man aber noch weiter gehen, und auch die kleineren nur durch Fernröhre sichtbaren Sterne zu zählen sich unterfangen, so würde man bald die Unmöglichkeit dieses Unternehmens einsehen. Sie sind im eigentlichsten Sinne des Wortes unzählbar. Ungefähre Schätzungen hat man zwar versucht; aber kommt es nicht auf eins heraus, ob wir 500 Millionen oder Trillionen Sterne zählen, besonders da ihre Anzahl mit jeder Vergrößerung und Verbesserung der Fernröhre in's Unbestimmte zunimmt?

Betrachten wir blos die Sterne der drei oder vier ersten Größen, so bemerken wir, daß sie ziemlich gleichmäßig über den ganzen Himmel vertheilt sind. Beobachten wir aber auch die minder hellen, so bemerken wir im Allgemeinen ein dichteres Zusammengedrängtsein

derselben nach der Milchstraße zu, bis endlich in dieser selbst Sternchen an Sternchen in unabsehbarer Menge das Gesichtsfeld des Fernrohrs erfüllen.

Nicht ohne Grund nimmt man daher an, daß die Fixsterne nicht nach allen Richtungen von uns aus kugelförmig vertheilt sind, sondern vielmehr einen unermeßlichen taschenuhr- oder linsenförmigen Raum erfüllen, von welchem wir uns zufällig ziemlich in der Mitte befinden, so daß das Auge die näheren und deshalb heller erscheinenden Sterne zwar nach allen Richtungen vertheilt sieht, die fernern und deshalb immer schwächer schimmernden aber immer mehr nach Richtungen erblickt, wo die Durchmesser des linsenförmigen Raums größer werden.

600.

Daß wir über die Entfernung der Fixsterne nichts Bestimmtes wissen, ist schon öfters erwähnt, nur das haben wir (472) gesehen, daß gewiß keiner derselben uns näher als 800000 Erdbahnhalbmesser oder Sonnenweiten sein kann. Eine solche Entfernung würde das Licht, trotz seiner schwindelerregenden Schnelligkeit (497) doch erst in 4444 Tagen durchlaufen, so daß wir selbst vom nächsten Fixsterne durch das Licht in jedem Augenblicke nur den Zustand erführen, in dem er sich vor 12 Jahren befunden; und nehmen wir, wie es höchst wahrscheinlich ist, an, daß die Sterne geringerer Helligkeit nicht etwa wegen geringerer Größe oder eigenthümlichen matteren Scheines, sondern wegen zu großer Entfernung so viel schwächer leuchten, so würde von den schwachschimmernden Sternchen das Licht ganze Jahrhunderte bedürfen, um aus der grundlosen Tiefe des Himmels bis zu uns zu gelangen.

Wie groß ein Fixstern sei, auch das ist uns nicht mehr unmittelbar zu messen vergönnt, aber das können wir wenigstens sagen, wenn unsere Sonne in die 800000fache Entfernung von uns gerückt würde, sie würde noch lange nicht halb so stark leuchten wie Sirius. Ist also Sirius auch nur so weit von uns entfernt, als er wenigstens sein muß, so übertrifft er unsere Sonne schon bedeutend an Größe.

601.

Und diese Myriaden von Sonnen in den unermeßlichen Weltraum zerstreut, von denen unsere Sonne mit ihrem ganzen Gefolge von Himmelskörpern nur ein einzelnes verschwindendes Glied, nur ein Tropfen in dem Ocean des Weltalls ist, sollten sie nicht auch ihre Planeten und Kometen haben, die ihrem Machtbefehl gehorchen? Daß wenigstens das Gesetz der allgemeinen Schwere auch dort oben gelte, und sein magisches Band, wie hier um die Glieder unseres Planetensystems, so dort von Welt zu Welt geschlungen, zeigen deutlich die wunderbaren Erscheinungen der Doppelsterne, mit deren Kenntniß

uns die Vervollkommnung der Fernröhre in neuerer Zeit bereichert hat. Es giebt eine große Menge Fixsterne, die dem bewaffneten Auge sich doppelt, oft sogar drei- und mehrfach zeigen. Leicht könnte man nun freilich auf die Vermuthung kommen, dieses dichte Zusammenstehen zweier oder mehrerer Sterne sei nur ein scheinbares von unserem Standpunkte herrührendes, indem wir uns gerade fast in der Verlängerung der Verbindungslinie derselben befänden, während die Sterne in der Wirklichkeit aber vielleicht ganz unabhängig von einander wären. Aber genauere Untersuchungen haben uns eines Bessern belehrt. Beobachtete man nämlich einen solchen Doppelstern und maß (mittelst zweier auf einander verschiebbarer Mikrometerlinien) den Winkel, den die Verbindungslinie der beiden Sterne mit einer festen Linie, z. B. dem Meridian, machte, so fand man, daß dieser Winkel sich ändere, oder mit andern Worten, daß der eine Stern um den andern herumlaufe. Aus diesen Messungen haben Encke, Herschel und Andere gefunden, daß die Bahn dieses Umlaufs eine Ellipse sei und auch die Dauer desselben bestimmt. — Unter den vielen Doppelsternen wollen wir nur als Beispiel anführen: Castor, bei welchem die Entfernung der beiden Sterne etwa 5 Secunden, die Umlaufszeit 460 Jahre beträgt; ebenso ist Mizar im großen Bären doppelt. Bei diesem steht überdies sehr nahe, aber unabhängig von ihm, Alcor, den man schon mit bloßen Augen fast von ihm unterscheiden kann.

602.

Hier bewegen sich also Sonnen um Sonnen, Planeten würde man in der ungeheueren Entfernung wohl kaum noch leuchtend erblicken.

Daß wir aber sogar auch von dem Umlauf eines Planeten um eine der fernen Sonnen ein, wenn auch nur zweifelhaftes, Zeichen haben, beweist die Erscheinung der periodischen oder veränderlichen Sterne. Ein solcher ist z. B. Algol (das Meduſenhaupt). Er erscheint gewöhnlich als Stern 2ter Größe und bleibt es 2 Tage 14 Stunden lang, dann nimmt er so plötzlich an Licht ab, daß er schon nach 3 Stunden bis zur 4ten Größe herabgesunken ist, nimmt darauf wieder an Helligkeit zu und erreicht nach 3 bis 4 Stunden seinen alten Glanz wieder. Leicht drängt sich hier der Gedanke auf, daß während der Periode seiner Lichtabnahme ein dunkler Körper (ein Planet?) vor ihn tritt. Indessen kann man eben so gut annehmen, daß er eine Rotationszeit von etwa 2 Tagen 20 Stunden habe, und uns eine Zeit lang eine weniger lichte Seite zukehre. — Einen andern haben wir oben (283) erwähnt. Es ist dies Mira im Wallfisch, der etwa 12 mal in 11 Jahren als glänzender Stern 2ter Größe erscheint und dieses Licht etwa 14 Tage behält. Dann nimmt er ungefähr 3 Monate hindurch ab, bis er gänzlich unsichtbar wird, was er etwa 5 Monate lang bleibt, worauf er wieder sichtbar wird und 3 Monate lang beständig an Licht zunimmt.

603.

An diese Erscheinungen periodischen Lichtwechsels reiht sich eine andere noch wunderbarere. Es ist die der sogenannten temporären Fixsterne, die zuweilen plötzlich am Himmel auftauchten, eine Zeit lang mit auffallendem Glanze leuchteten, um hernach wieder allmälig schwächer zu werden und endlich, vielleicht auf Nimmerwiederkehr, zu verschwinden. So erschien im Jahr 389 in der Nähe von Atair ein Stern, der 3 Wochen lang so hell wie Venus glänzte, dann aber wieder gänzlich verschwand. Tycho Brahe beobachtete 1572 einen Stern, der urplötzlich erschien, eine Zeit lang selbst bei Tage gesehen werden konnte, im März 1574 aber gänzlich wieder erlosch.

604.

Wir haben bisher immer angenommen, daß die Fixsterne ihre gegenseitige Lage durchaus nicht verändern. Streng genommen ist dies aber, wie die in neueren Zeiten angestellten sehr genauen Beobachtungen zeigen, nicht der Fall. Es läßt sich auch leicht erwarten, daß Körper, die im Weltraum schweben, und alle gegenseitig Anziehung aufeinander ausüben, im Laufe der Zeiten, wenn auch der ungeheueren Entfernungen wegen für uns nur unmerklich, ihre Stellung verändern werden. So hat man auch wirklich ein Fortschreiten an einigen Sternen bemerkt; freilich ist dies so gering, daß man über eine Bahn derselben, einen Centralkörper, den sie umkreisen, noch ganz und gar nichts bestimmen kann. — Die stärkste Bewegung, die beobachtet wurde, scheint ein Stern in der Cassiopeja zu besitzen, der sich jährlich etwa 3″ fortbewegt. Kann man nun freilich noch nichts Genaueres angeben, so wird man es doch höchst wahrscheinlich finden, daß auch unsere Sonne und mit ihr das ganze Planetensystem ihre eigene Bewegung im Weltraum habe. Sie scheint nach einem Punkt im Sternbild des Hercules zu ziehen, der fast in der Mitte zwischen Wega und Gema in der Krone, ersterer etwas näher, liegt. Nach den Beobachtungen nämlich haben die Sterne in dieser Gegend eine größere scheinbare Entfernung im Laufe der Jahrhunderte erhalten, während die gerade entgegengesetzten etwas näher an einander gerückt zu sein scheinen.

Nebelflecke.

605.

Beobachtet man in einer heitern Nacht den gestirnten Himmel, so wird man leicht einzelne Stellen bemerken, die gleichsam isolirt eine große Menge dichtgedrängter Sternchen enthalten. Die Plejaden (im Stier) erscheinen schon durch ein mäßiges Fernrohr als eine Gruppe von 50 bis 60 hellen Sternchen, die uns unwillkürlich als ein abgerundetes, zusammengehöriges Ganze erscheinen. Von derselben Art ist eine Stelle im Krebs, die Krippe genannt, so wie das ganze Stern-

bild: das Haupthaar der Berenice. Solche Gruppen führen den Namen Sternhaufen. Mit stärkern Fernröhren vergrößert sich die Anzahl derselben bedeutend. Kleine Pünktchen am Himmel, die mit bloßen Augen oder erst mit schwächern Fernröhren das Ansehen eines äußerst kleinen lichten Wölkchens haben, und Nebelflecke genannt werden, lösen sich bei stärkeren Vergrößerungen in solche Sternhaufen auf. Indessen giebt es auch sehr viele, nicht in Sterne auflösbare kometenartige Stellen, eigentliche Nebelflecke. — Einige der bekanntesten derselben sind der Nebelfleck in der Andromeda, schon mit freien Augen in der Gestalt eines langgestreckten verschobenen Vierecks sichtbar, und der Nebelfleck am Schwerte Orions. —

606.

Sie zeigen oft sehr sonderbare Formen, die sich im Laufe der Zeiten auch auffallend verändern.

Die Sternhaufen und auflösbaren Nebelflecke sind meist rund, nach innen zu heller werdend, so daß sie das Ansehen kugelförmiger Räume, mit Sternen erfüllt, gewinnen, die nach dem Mittelpunkt zu immer dichter gedrängt scheinen und auch wohl wirklich sind.

Die eigentlichen Nebelflecke sind auch meist rund oder oval und werden nach innen zu heller, zuweilen so auffallend, daß sie das Ansehen eines bloßen Fixsterns erhalten, der von einem dünnen Schleier oder zarten Flöckchen von Wolle umgeben ist; dann nennt man sie wohl fixsternartige Nebelflecke. Noch andere dagegen zeigen einen hellen, scharfbegrenzten Fixstern, von einer kreisförmigen nebelartigen Atmosphäre umgeben, dessen Licht nach allen Seiten hin sich allmälig verliert. — Diese heißen Nebelsterne. Vielleicht würde unsere Sonne aus weiter Ferne einen ähnlichen Anblick darbieten. — Aeußerst selten sind die ringförmigen Nebelflecke. Ein solcher findet sich in der Leier zwischen den 2 südlichsten der 3 bei Wega stehenden Sternchen. Der Ring, nicht ganz kreis=, sondern ellipsenartig, ist ziemlich scharf begrenzt, und in der Mitte nicht ganz dunkel, sondern mit einem schwachen, nebeligen Licht angefüllt.

607.

Fragen wir, was diese Nebelmassen eigentlich sind, so haben wir höchstens Vermuthungen zur Antwort. Vielleicht daß der ganze unendliche Weltraum mit einem zarten, leuchtenden Stoff erfüllt ist, der sich aus irgend welcher Ursache in einzelnen Regionen des Raumes mehr verdichtet, um neue Sonnen und Sonnensysteme, ja ganze Milchstraßensysteme zu bilden. Vielleicht daß die eigentlichen Nebelflecke im Laufe der Zeiten sich zu Sternhaufen entwickeln, oder Sternhaufen im Begriffe sind in ihr ursprüngliches Chaos wieder zurückzusinken. — Wie ungeheuer müssen die Revolutionen sein, die in einem so schrankenlosen Raum, wie ihn die Nebelflecke wirklich einnehmen, vorgehen, daß wir sie aus der unermeßlichen Ferne noch so deutlich wahrnehmen können!

Schluß.

608.

Ueberblicken wir nun noch einmal die ganze Reihe von Himmelskörpern, wie sie sich unserem staunenden Auge darstellt, so sehen wir Trabanten um Planeten, diese um Sonnen kreisen in ewigem schweigenden Gehorsam. Myriaden von Sonnen folgen vielleicht dem Machtgebote eines noch mächtigeren Centralkörpers, oder vereinigen sich zu Milchstraßensystemen, die aus der unergründlichen Tiefe des Himmelsraums nur noch wie matte Wölkchen zu uns herüberschimmern. Hier endet das Zeugniß unserer irdischen Augen, das geistige aber reiht Tausende solcher Systeme zu einer neuen Gruppe, und so immerfort zusammen bis in's Unendliche — denn wo wäre die Grenze des Weltalls! wo das Ende der Schöpfung! —

Kehren wir jetzt aus der Unermeßlichkeit dieser Welten zurück zu uns — „wie klein, wie so ganz Nichts erscheint da das arme Wesen, das sich früher in seinem Stolze so gern das Meisterstück der „Schöpfung nannte! — Jede menschliche Größe, Ehre und Macht, „Thronen und Reiche und was sonst der Gegenstand unseres Strebens sein mag, so wie alles, was uns in Trauer und Schmerzen „bewegt, Krankheit, Trennung von unsern Lieben, erlittene Ungerechtigkeiten und Verfolgungen, nagender Gram und heiße Thränen, „selbst unser Tod, ja der Tod von Tausenden auf unsern mit Leichen „bedeckten Schlachtfeldern" — was ist das alles, ja was ist das Schicksal unserer ganzen Erde, wenn wir es in die Wagschale legen, gegen das jener unzählbaren Sonnen, die in einsamer Nacht schweigend über uns herziehen? „Unser ganzes Planetensystem mit der Kö„nigin unserer Tage könnte plötzlich zurücksinken in die ewige Nacht, „aus der es sich einst vielleicht losgewunden, und diese Lücke würde „unser Milchstraßensystem nicht einen Augenblick stören, ja auf den „fernen Welten nicht einmal bemerkt werden." —

Aber Einer lebt, der die Sonnenstäubchen hier unten, wie die riesigen Sonnen dort oben gezählt hat, ohne dessen Willen kein Haar von unserem Haupte fällt, und dessen Vaterauge das Schicksal seiner Welten, wie das des geringsten Wurmes überwacht.

Druck von C. H. Hoßfeld in Leipzig.

Uebersichts-Tabelle

der

wichtigsten Maßverhältnisse der Sonne und Planeten.

Namen und Zeichen.	A. Entfernung von der Sonne in Millionen geograph. Meilen			B. Scheinbarer Durchmesser der Sonne von ihnen aus (mittl. Entfern.)	C. Entfernung von der Erde (in geograph. Meilen)		D. Ihr scheinbarer Durchmesser von der Erde aus gesehen		E. Wahrer Durchmesser (in geograph. Meilen)	F. Oberfläche (die der Erde als Einheit)	G. Körperlicher Inhalt (der der Erde als Einheit)	H. Sidirische Umlaufszeit um d. Sonne (in Erdenjahren und Tagen)	I. Geschwindigkeit in ihr. Bahn (in geogr. Meil. in 1 Sec.)	K. Dauer der Rotation (in Sternzeit)	L. Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik	M. Dichtigkeiten (die des Wassers als Einheit)	N. Massen, Gewichte (die der Erde als Einheit)
	größte	mittlere	kleinste		größte	kleinste	größte	kleinste									
Sonne ☉					21050000	20360000	32′ 34″	31′ 30″	193000	12600	1400000			25 T. 7 St.		1,3	350000
Mercur ☿	10	8	7	1° 22′ 47″	30 Mill.	11 Mill.	12″	4″	670	0,15 (1/7)	0,06 (1/17)	88 Tge.	6, 7	24 S. 5 M.	7° 0′	7,7 (?)	0,08(?)
Venus ♀	15	15	15	42′ 38″	35 Mill.	5 Mill.	1′ 4″	9″	1717	1	1	224 2/3 Tg.	4, 9	24 S. 1 M.	3° 23′	5,2	1
Erde ♁		21		32′ 2″					1719	1	1	1 Jahr	4, 7	24 S.		5,1	1
Mond ☽		21		32′ 2″	(54100)	(48500)	33′ 31″	29′ 22″	468	0,07 (1/14)	0,02 (1/50)	27 ꝛc. Tg.	2/15	27 T. ꝛc.	5° 8′	2,9	1/88
Mars ♂	35	32	29	21′ 20″	55 Mill.	8 Mill.	23″	4″	900	0,27 (1/4)	0,15 (1/7)	1 J. 322 T.	3, 4	24 S. 40 M.	1° 51′	4,1	0,12
Vesta ⚶	54	49	45	13′ 35″	72 Mill.	23 Mill.	höchstens 1″		60 (?)			3 J. 230 T.	2, 7		7° 8′		
Juno ⚵	70	55	41	12′ 1″	90 Mill.	21 Mill.			100 (??)			4 J. 132 T.	2, 6		13° 4′		
Ceres ⚳	62	58	53	11′ 35″	81 Mill.	31 Mill.			100 (??)			4 J. 223 T.	2, 5		10° 38′		
Pallas ⚴	72	58	44	11′ 34″	90 Mill.	24 Mill.			145 (?)			4 J. 225 T.	2, 5		34° 38′		
Jupiter ♃	113	108	103	6′ 10″	133 Mill.	82 Mill.	49″	30″	19300	126	1400	11 J. 315 T.	1, 7	9 S. 55 M.	1° 19′	1, 2	330
Saturn ♄	210	200	188	3′ 22″	229 Mill.	166 Mill.	20″	15″	15770	84	770	29 J. 167 T.	1, 3	10 S. 30 M.	2° 30′	0, 7	100
Uranus ♅	419	400	382	1′ 40″	424 Mill.	348 Mill.	4″	3″	7488	18	77	84 J. 8 T.	1, 0	7 S. (?)	0° 46′	1, 3	20

Geocentrische Planetenörter für 1844, 1845, 1846 in Rectascension und Declination.

(Das Zeichen + bedeutet nördlich, — südlich vom Aequator.)

Monat.	Tag.	Sonne.		Mercur 1844		Mercur 1845		Mercur 1846		Venus 1844		Venus 1845		Venus 1846	
		Rectasc.	Declin.	Rectasc.	Declin.	Rectasc.	Declin.	Rectasc.	Declin.	Rectasc.	Declin.	Rectasc.	Declin.	Rectasc.	Declin.
Januar	1	18 St. 47 M.	— 23°	19 St. 47 M.	— 23°	20 St. 4 M.	— 20°	18 St. 0 M.	— 20°	20 St. 20 M.	— 21	16 St. 27 M.	— 20°	21 St. 59 M.	— 13
	15	19 48	— 21	21 3	— 17	19 18	— 19	18 4	— 21	21 31	— 16	17 41	— 22	22 42	— 7
Februar	1	20 59	— 17	20 26	— 15	19 14	— 21	19 32	— 22	22 51	— 8	19 12	— 22	23 12	— 1
	15	21 55	— 13	20 11	— 19	20 22	— 20	21 2	— 19	23 54	— 1	20 26	— 20	23 10	+ 2
März	1	22 48	— 8	21 11	— 17	21 46	— 15	22 36	— 11	1 1	+ 6	21 36	— 15	22 43	+ 1
	15	23 40	— 2	22 31	— 11	23 18	— 6	0 14	+ 1	2 3	+ 13	22 44	— 9	22 17	— 2
April	1	0 42	+ 4	0 20	+ 1	1 20	+ 8	1 48	+ 14	3 19	+ 20	0 2	— 1	22 22	— 5
	15	1 33	+ 10	2 5	+ 14	2 47	+ 19	1 53	+ 14	4 26	+ 24	1 5	+ 6	22 52	— 5
Mai	1	2 33	+ 15	3 51	+ 22	3 15	+ 20	1 27	+ 7	5 42	+ 26	2 20	+ 13	23 42	— 2
	15	3 27	+ 19	4 39	+ 24	2 50	+ 14	1 52	+ 8	6 44	+ 26	3 27	+ 18	0 32	+ 2
Juni	1	4 36	+ 22	4 17	+ 18	3 3	+ 13	3 15	+ 16	7 50	+ 24	4 55	+ 23	1 39	+ 8
	15	5 33	+ 23	4 12	+ 17	4 8	+ 19	5 6	+ 23	8 28	+ 21	6 10	+ 24	2 37	+ 13
Juli	1	6 40	+ 23	5 16	+ 21	6 17	+ 24	7 35	+ 24	8 44	+ 17	7 36	+ 23	3 49	+ 18
	15	7 37	+ 22	7 8	+ 23	8 24	+ 21	9 14	+ 17	8 27	+ 15	8 48	+ 19	4 56	+ 21
August	1	8 45	+ 18	9 41	+ 16	10 19	+ 11	10 27	+ 8	7 45	+ 14	10 10	+ 13	6 21	+ 22
	15	9 38	+ 14	11 1	+ 5	11 19	+ 2	10 37	+ 4	7 32	+ 15	11 14	+ 6	7 33	+ 21
Septbr.	1	10 41	+ 8	12 19	— 4	11 43	— 3	9 55	+ 10	7 57	+ 16	12 30	— 2	8 59	+ 18
	15	11 31	+ 3	12 47	— 9	11 4	+ 3	10 30	+ 11	8 37	+ 15	13 32	— 9	10 7	+ 13
October	1	12 29	— 3	12 7	— 2	11 30	+ 5	12 13	0	9 36	+ 13	14 45	— 17	11 22	+ 6
	15	13 20	— 8	12 19	+ 0	12 54	— 4	13 40	— 10	10 33	+ 9	15 53	— 22	12 26	— 1
Novbr.	1	14 25	— 14	13 54	— 10	14 39	— 16	15 22	— 20	11 45	+ 2	17 20	— 25	13 45	— 9
	15	15 21	— 18	15 22	— 19	16 7	— 22	16 45	— 25	12 44	+ 3	18 32	— 26	14 52	— 15
Decbr.	1	16 29	— 21	17 7	— 25	17 50	— 26	17 49	— 25	13 56	— 9	19 51	— 23	16 13	— 20
	15	17 30	— 23	18 42	— 25	18 56	— 24	16 57	— 20	15 1	— 15	20 54	— 19	17 30	— 23

		Sonne.		Mars 1844		Mars 1845		Mars 1846		Jupiter 1844		Jupiter 1845		Jupiter 1846	
Januar	1	18 47	— 23	23 4	— 7	15 6	— 16	0 22	+ 3	21 57	— 13	23 51	— 2	1 57	+ 11
Februar	1	20 59	— 17	0 26	+ 2	16 25	— 21	1 38	+ 11	22 21	— 11	0 11	0	2 5	+ 12
März	1	22 48	— 8	1 45	+ 11	17 41	— 23	2 48	+ 17	22 50	— 8	0 33	+ 2	2 22	+ 13
April	1	0 42	+ 4	3 9	+ 18	19 1	— 23	4 10	+ 22	23 16	— 6	1 0	+ 5	2 46	+ 15
Mai	1	2 33	+ 15	4 34	+ 23	20 20	— 21	5 32	+ 24	23 40	— 3	1 26	+ 8	3 13	+ 17
Juni	1	4 36	+ 22	6 4	+ 24	21 27	— 18	7 0	+ 24	0 2	— 1	1 53	+ 10	3 43	+ 19
Juli	1	6 40	+ 23	7 35	+ 23	22 9	— 16	8 20	+ 21	0 13	0	2 14	+ 12	4 10	+ 20
August	1	8 45	+ 18	8 52	+ 19	22 15	— 18	9 39	+ 15	0 16	0	2 31	+ 13	4 36	+ 21
Septbr.	1	10 41	+ 8	10 11	+ 12	21 46	— 20	10 55	+ 8	0 8	— 1	2 35	+ 14	4 55	+ 22
October	1	12 29	— 3	11 22	+ 5	21 43	— 18	12 5	0	23 53	— 2	2 29	+ 13	5 2	+ 22
Novembr.	1	14 25	— 14	12 35	— 3	22 19	— 12	13 20	— 7	23 42	— 4	2 14	+ 12	4 56	+ 22
Decembr.	1	16 29	— 21	13 45	— 10	23 17	— 5	14 37	— 14	23 41	— 4	2 1	+ 11	4 41	+ 21

		Sonne.		Saturn 1844		Saturn 1845		Saturn 1846		Uranus 1844		Uranus 1845		Uranus 1846	
Januar	1	18 47	— 23	19 53	— 21	20 36	— 19	21 18	— 17	23 56	— 1	0 10	0°	0 25	+ 2
April	1	0 42	+ 4	20 33	— 19	21 16	— 17	21 59	— 14	0 11	+ 1	0 25	+ 2	0 39	+ 3
Juli	1	6 40	+ 23	20 32	— 19	21 23	— 16	22 12	— 13	0 24	+ 2	0 39	+ 3	0 53	+ 5
October	1	12 29	— 3	20 12	— 21	21 1	— 18	21 50	— 15	0 16	+ 1	0 31	+ 3	0 47	+ 4

Taf. I.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 23.

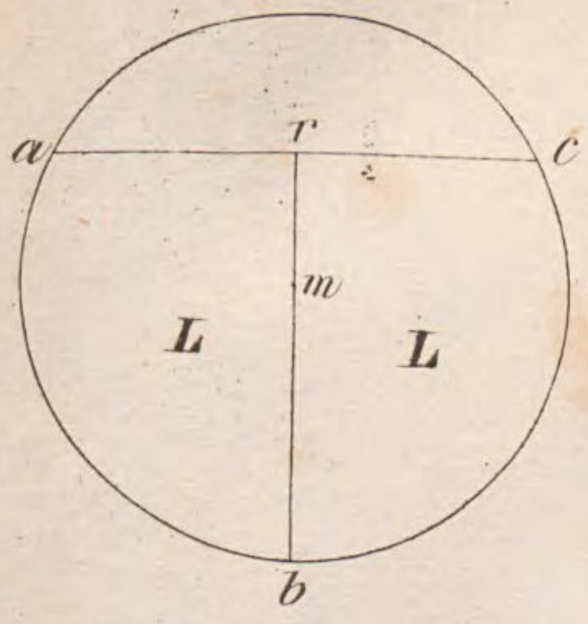


Fig. 22.

Fig. 24.

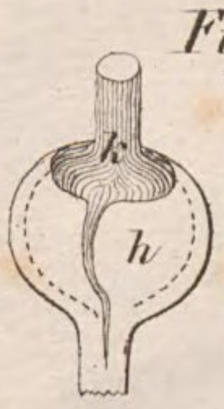


Fig. 21.

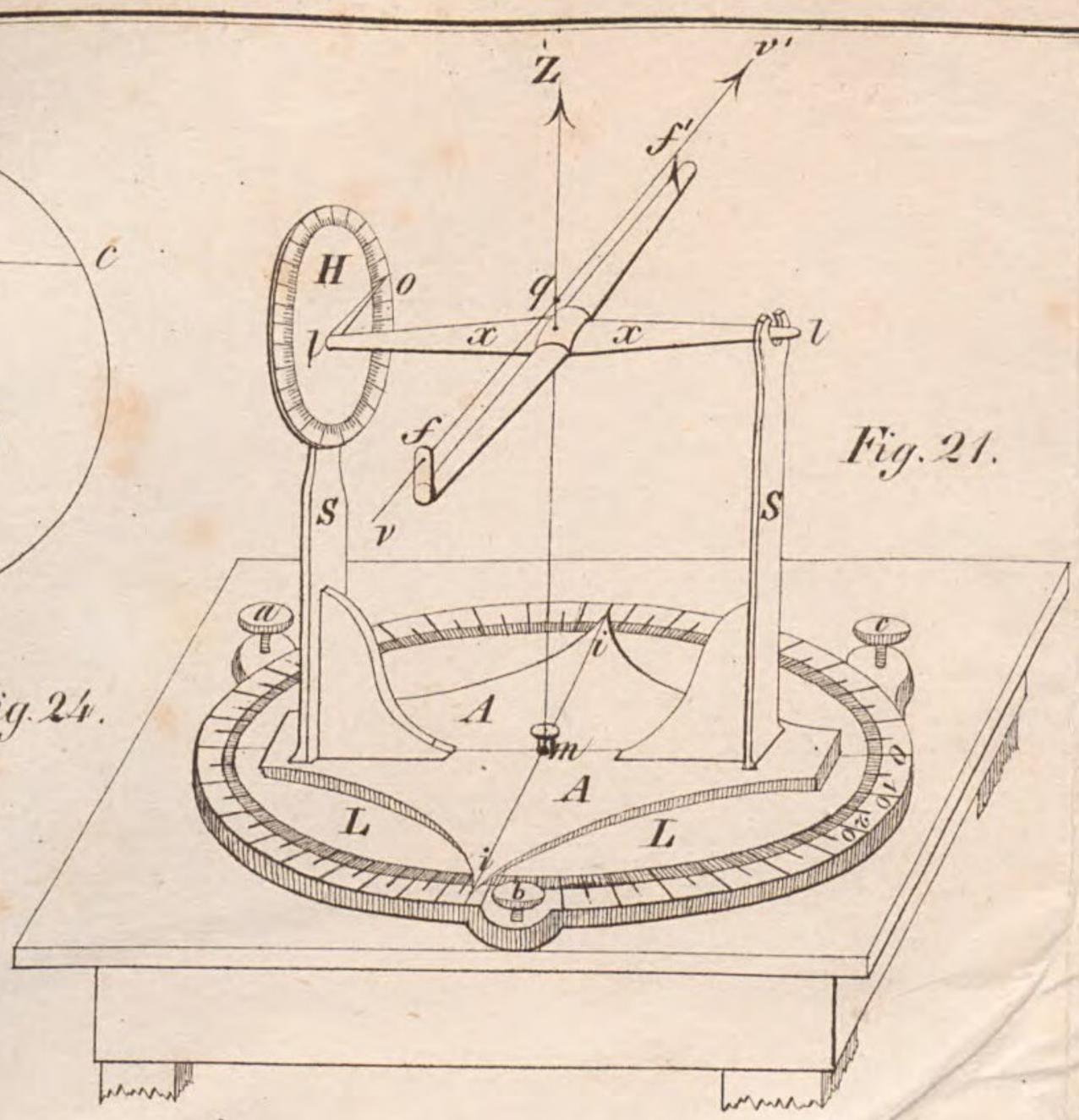


Fig. 25.

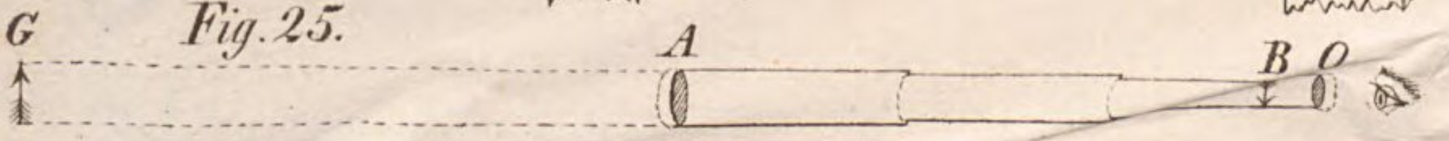


Fig. 26.

Fig. 27.

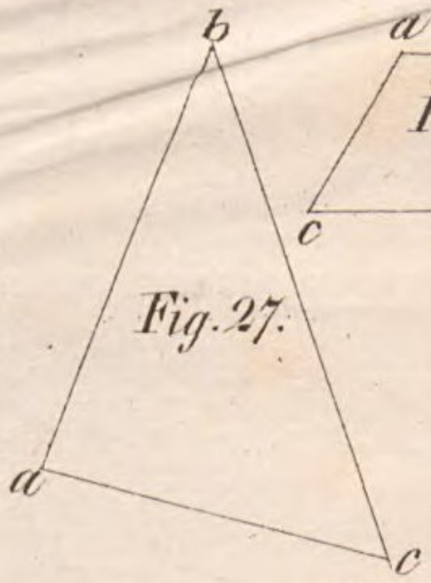


Fig. 28.

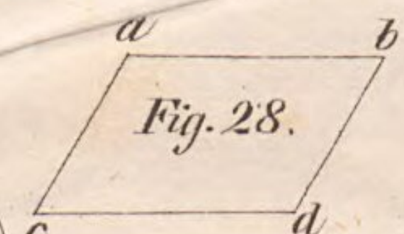


Fig. 29.

Fig. 30.

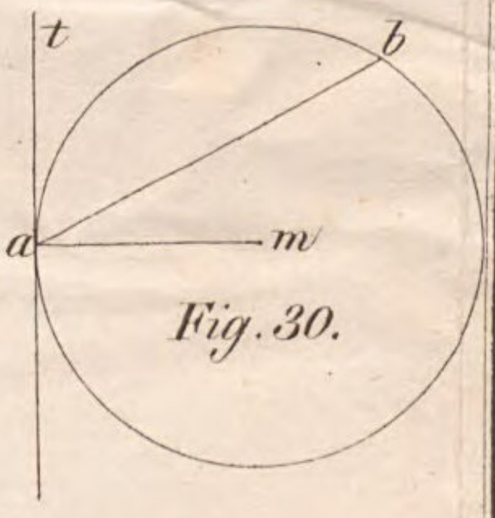


Fig. 31.

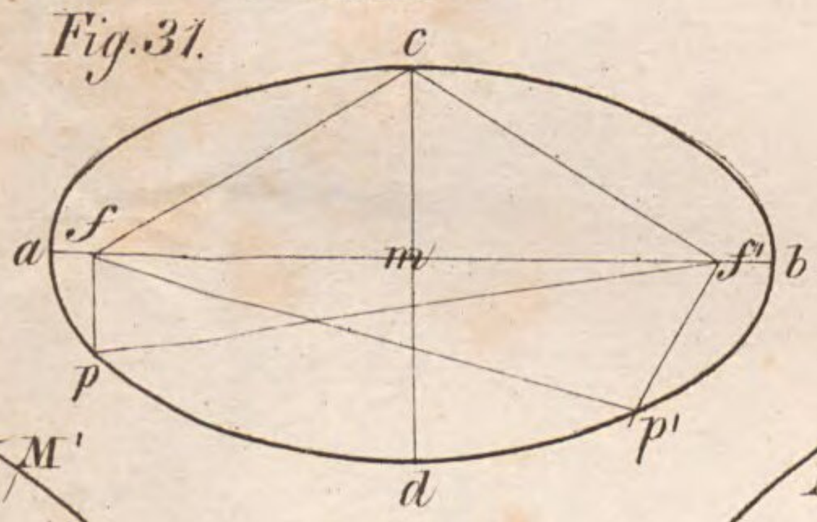


Fig. 33.

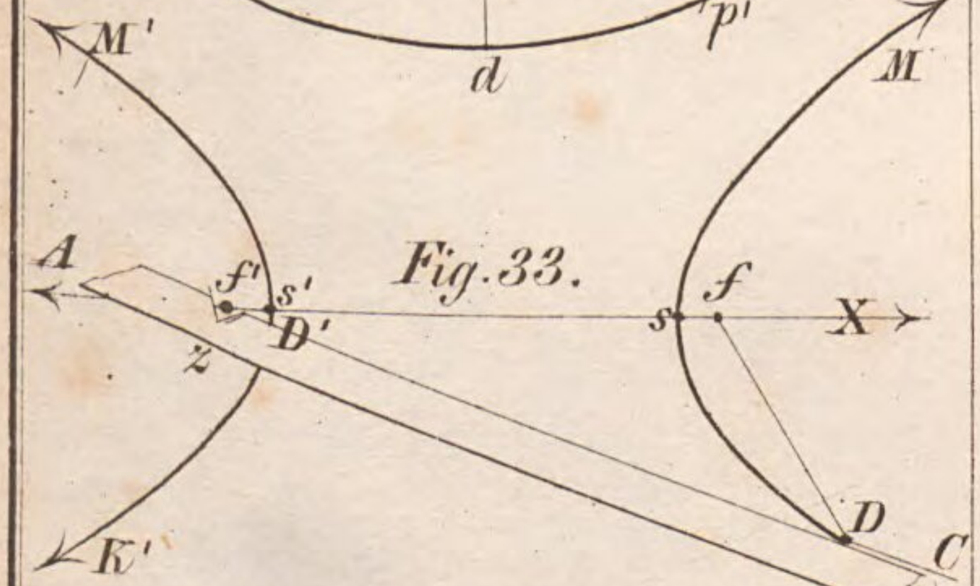
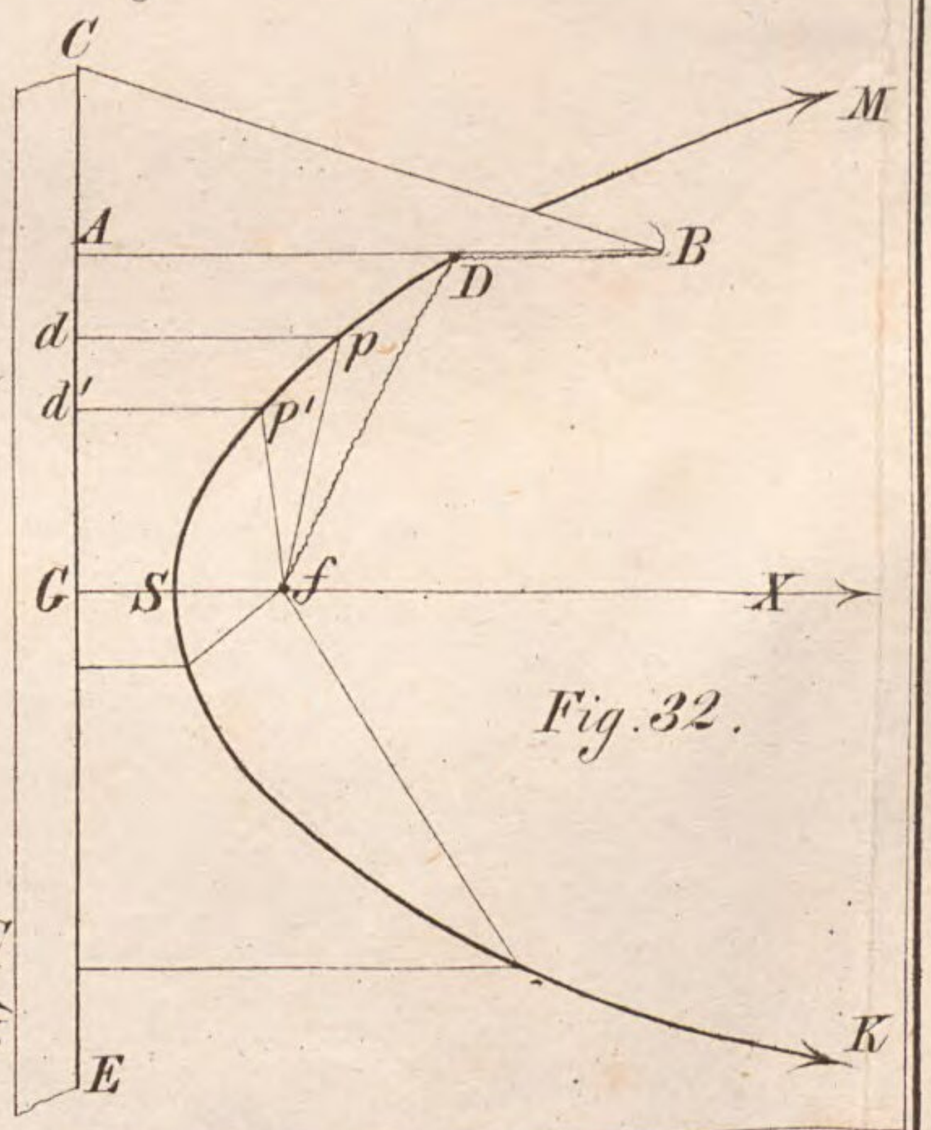


Fig. 32.



Taf. 3.

Fig. 34.

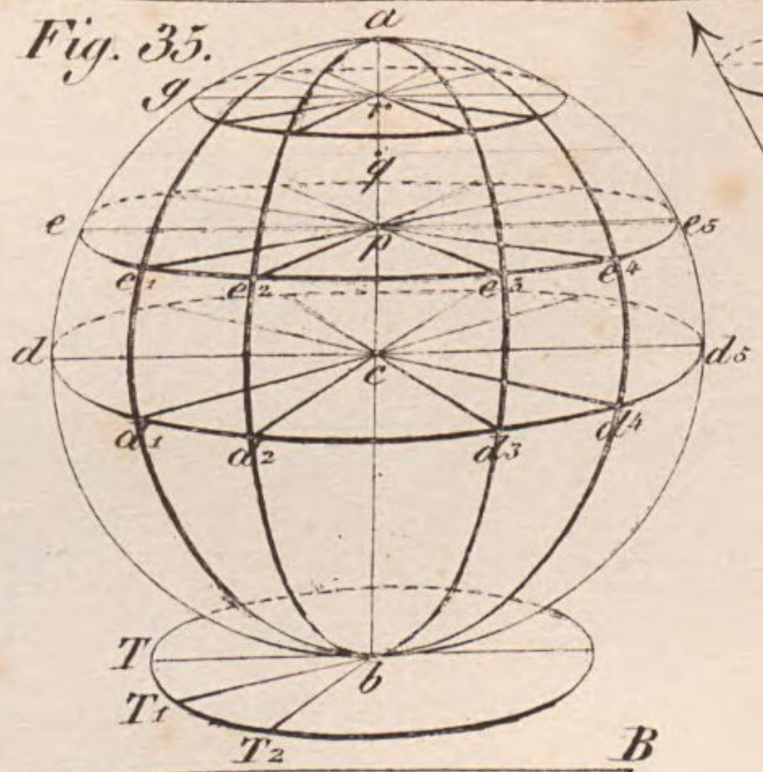


Fig. 35.

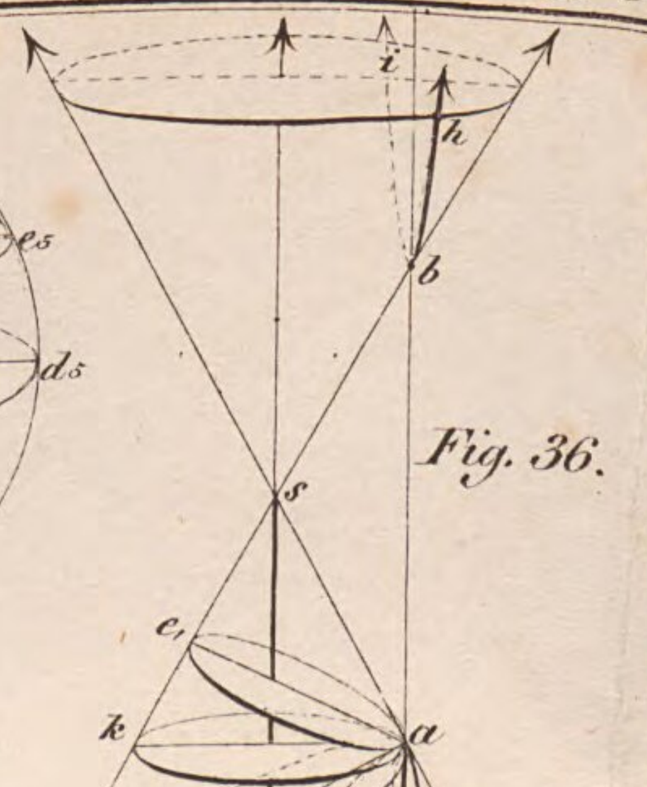


Fig. 36.

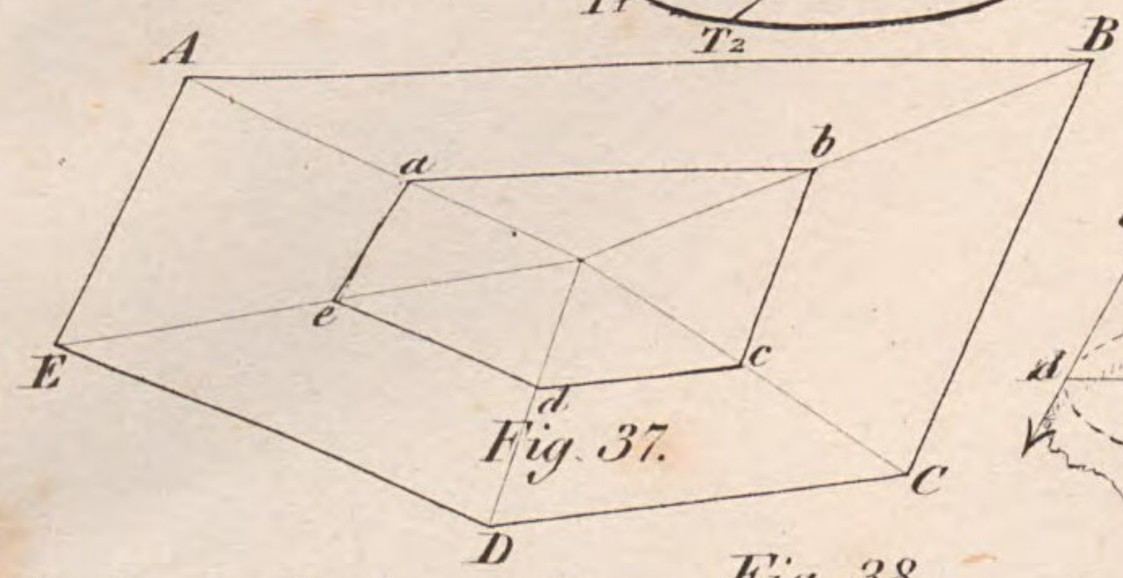


Fig. 37.

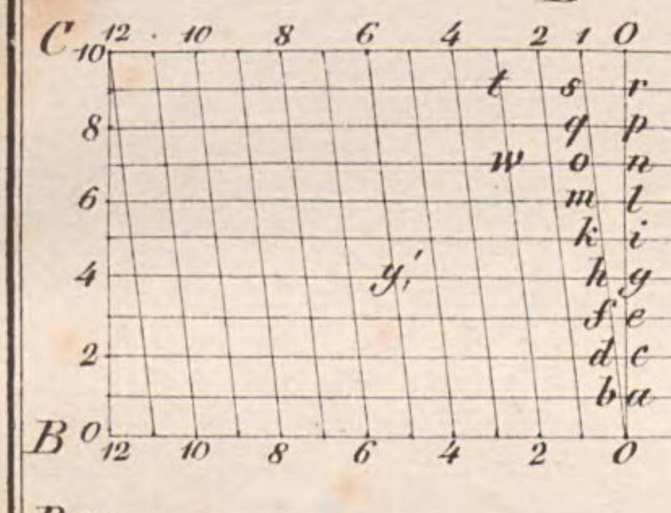
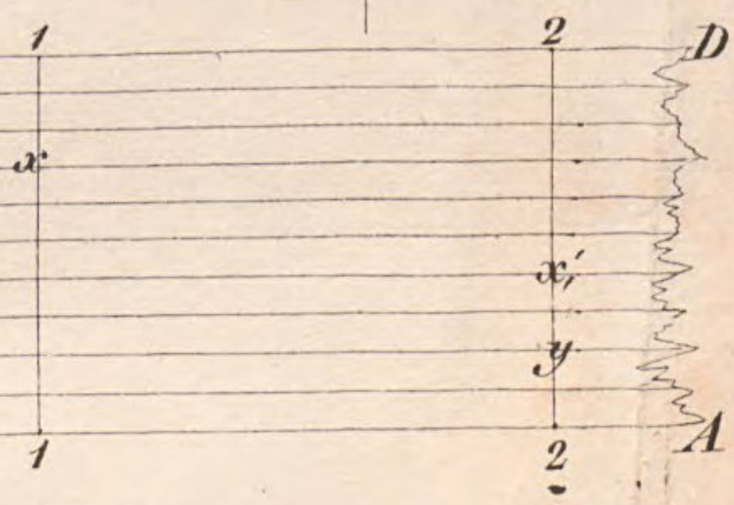


Fig. 38.



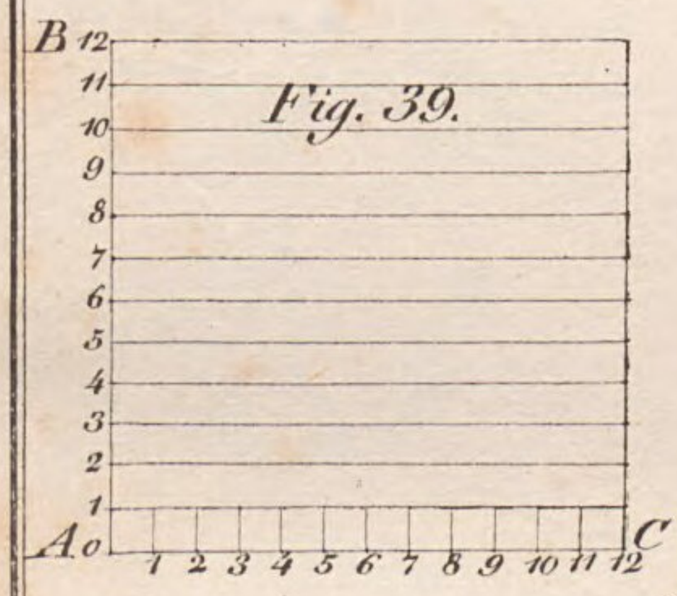


Fig. 39.

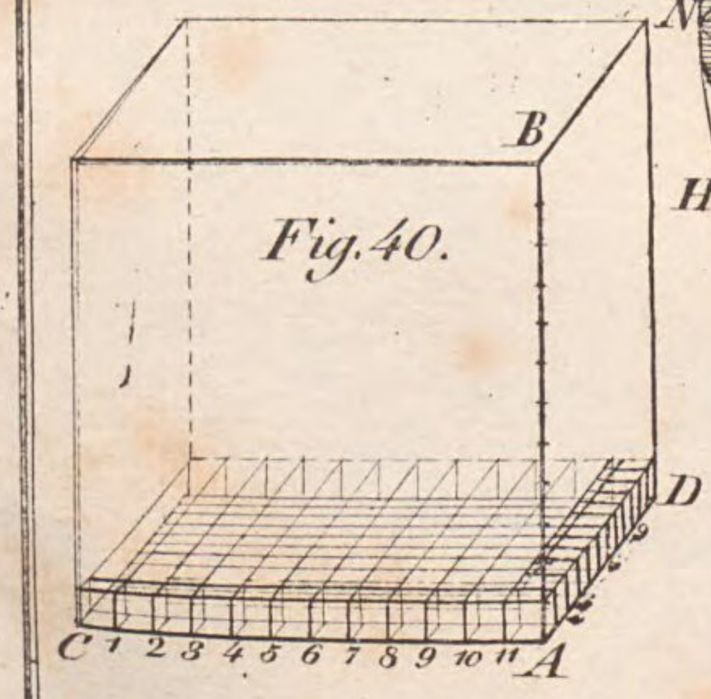


Fig. 40.

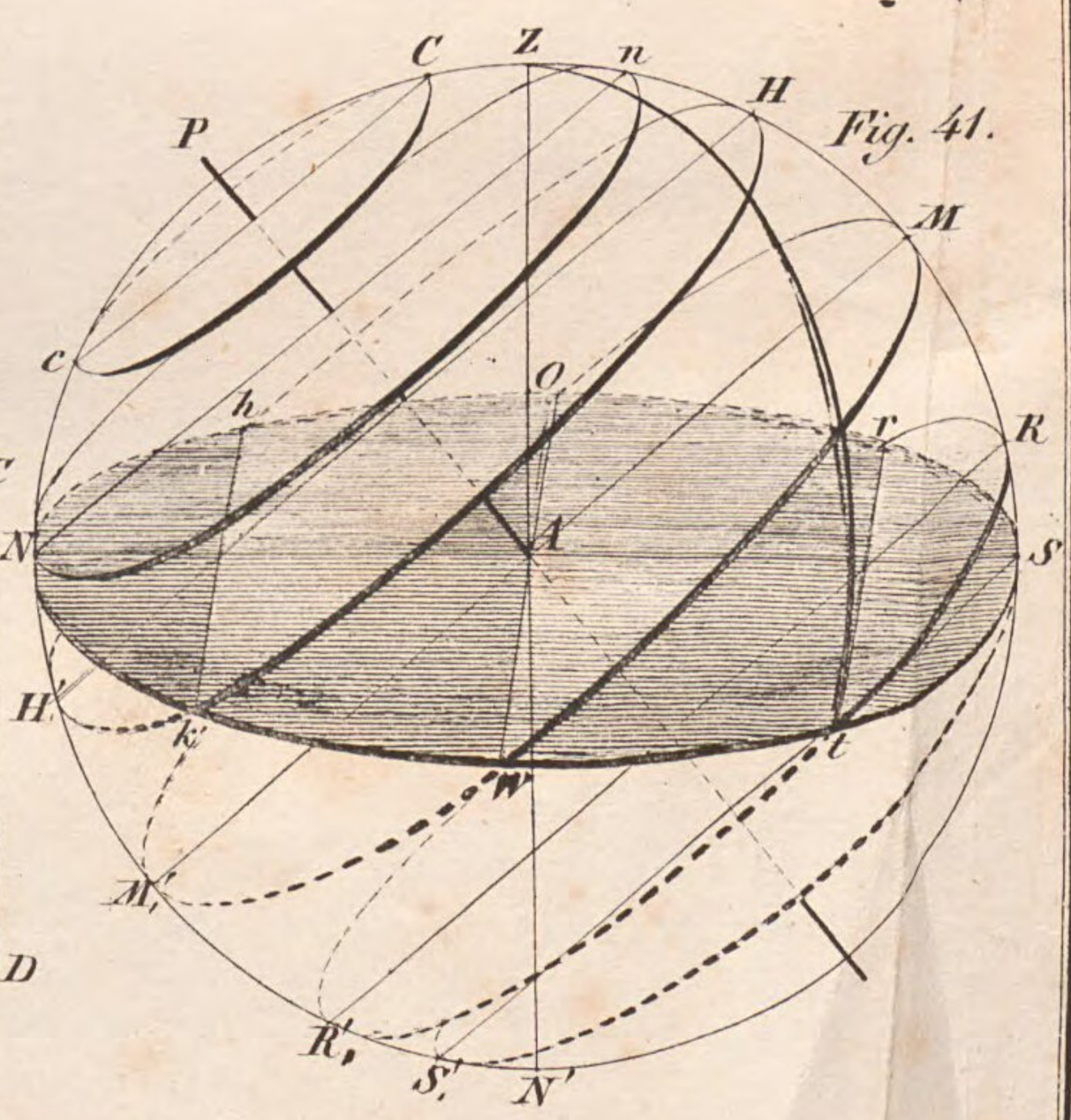


Fig. 41.

Fig. 49.

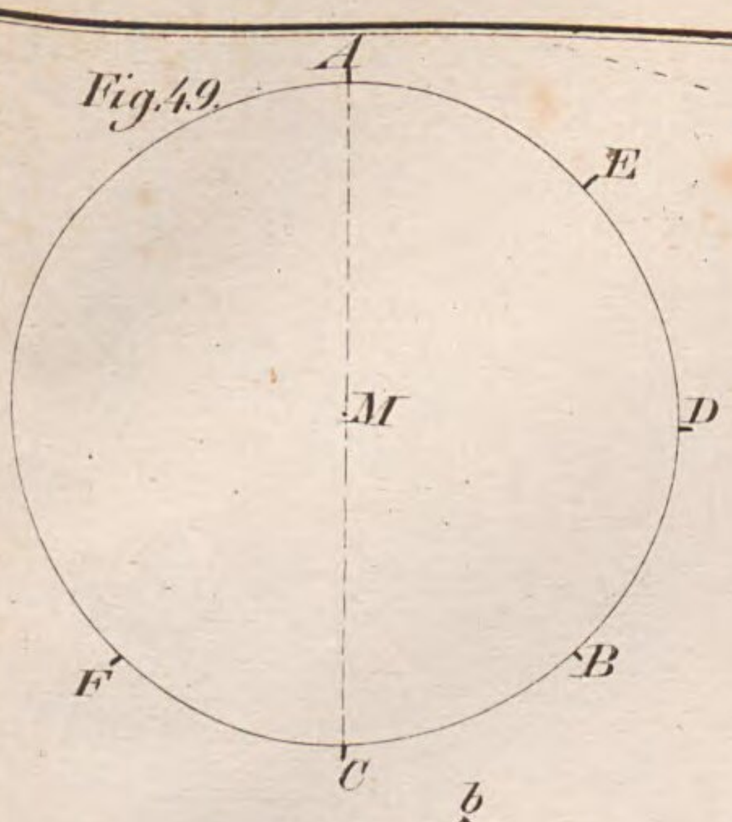


Fig. 50.

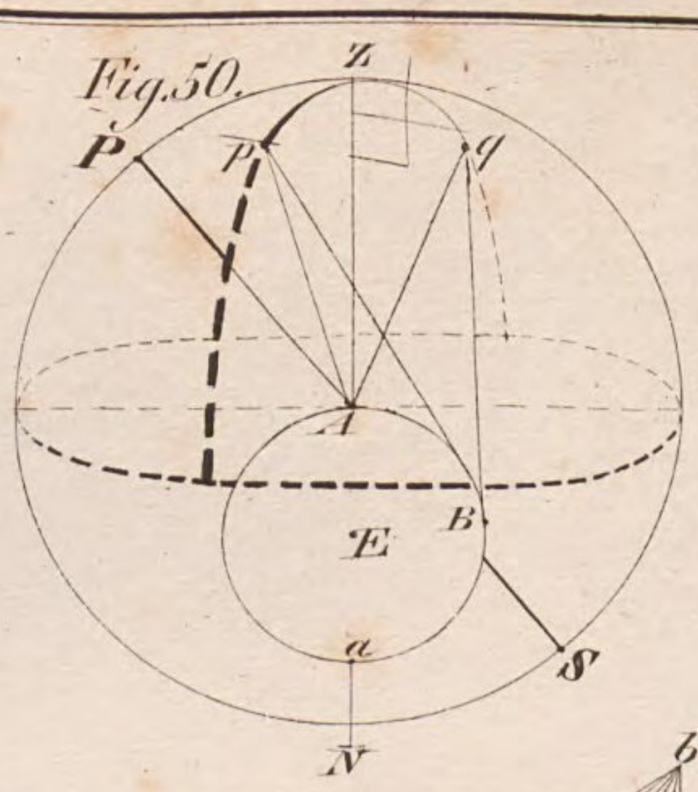


Fig. 51.

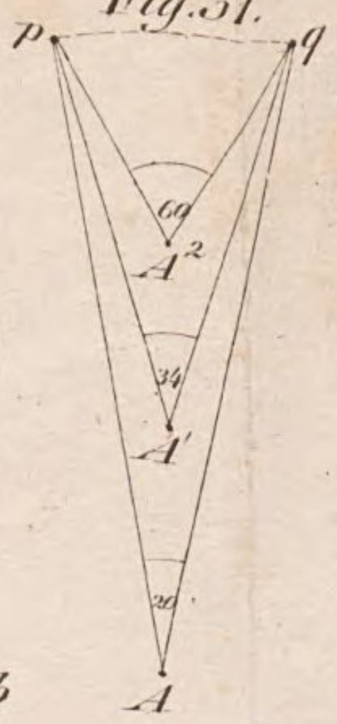


Fig. 52.

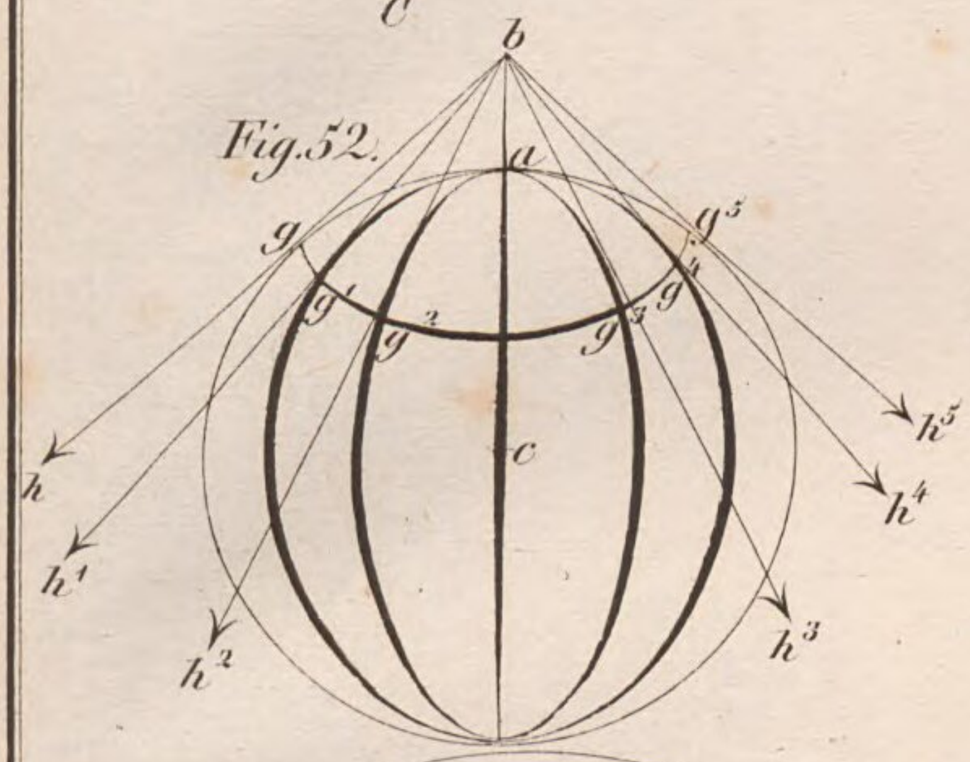


Fig. 53

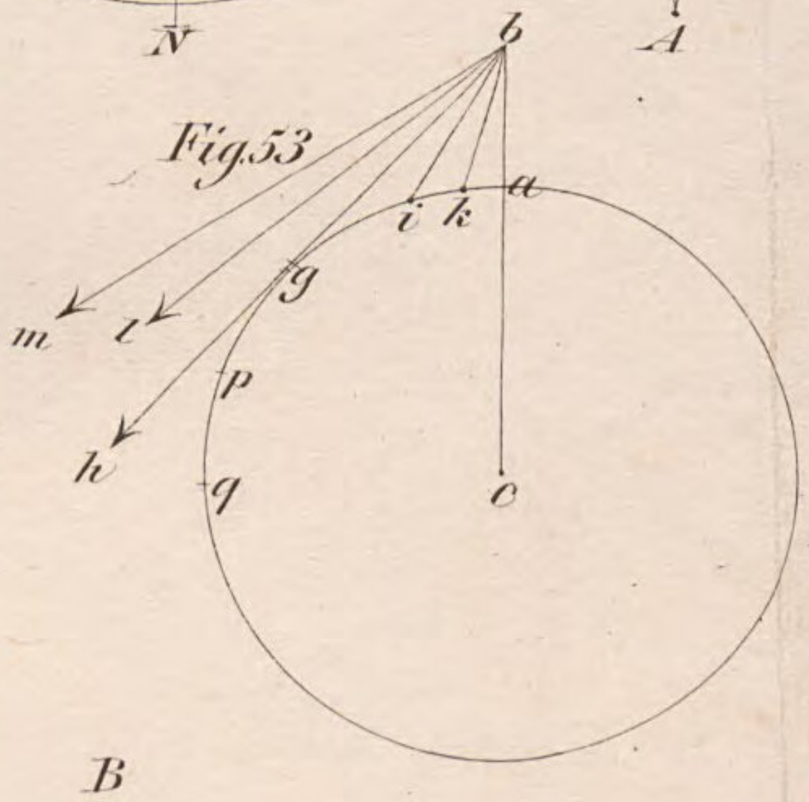


Fig. 54.

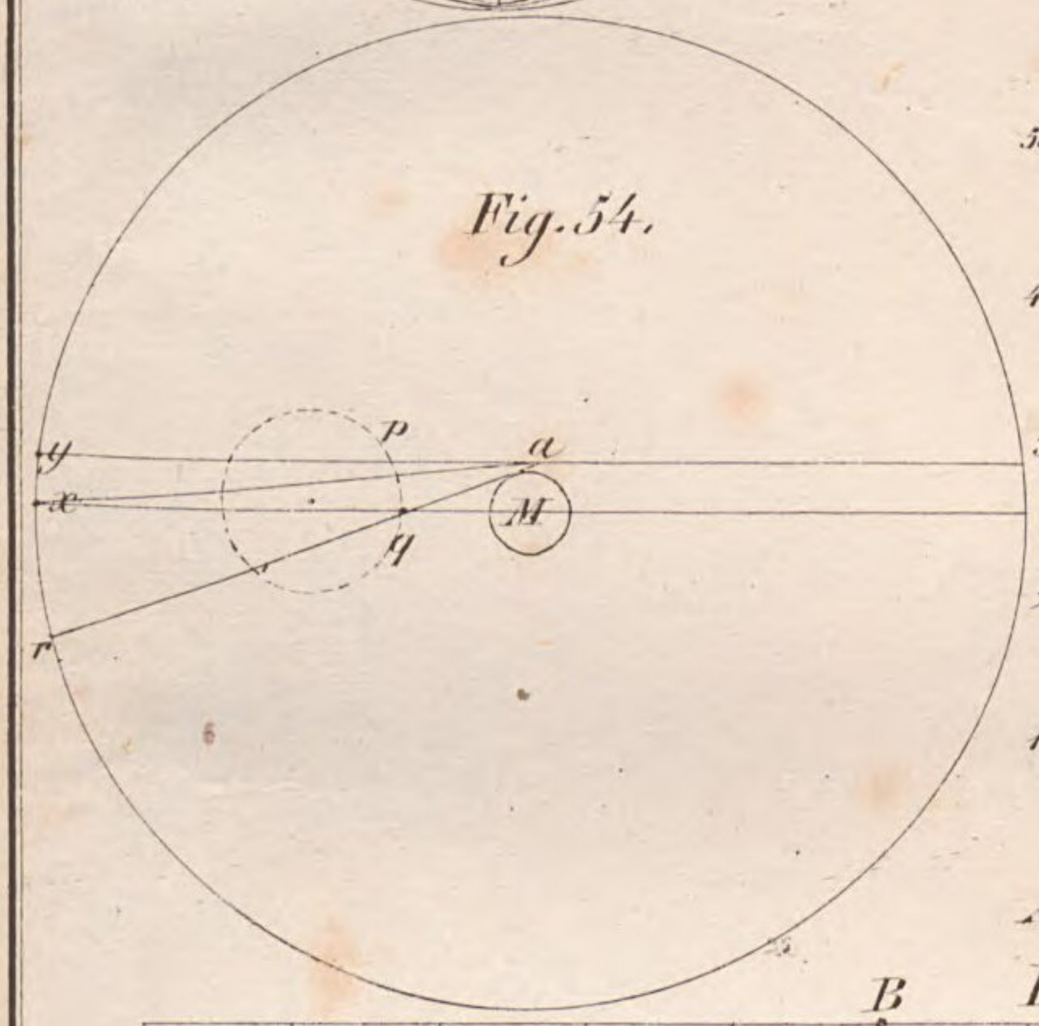


Fig. 55.

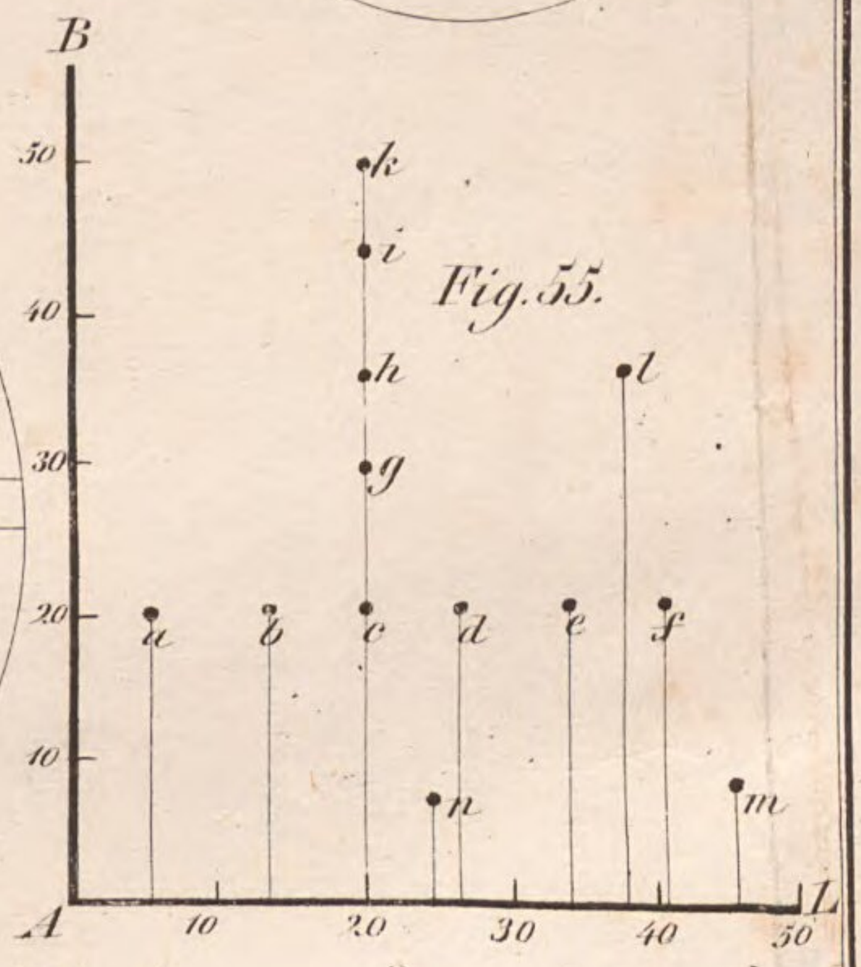


Fig. 56.

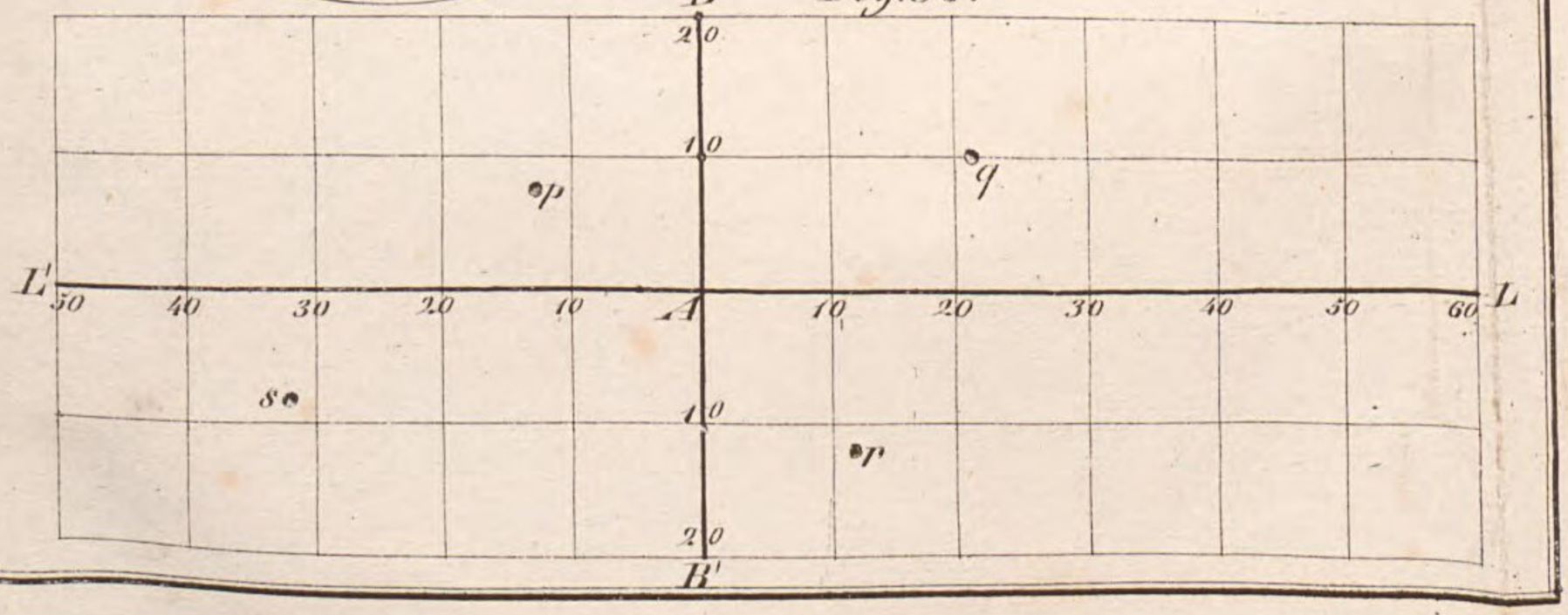


Fig. 57.

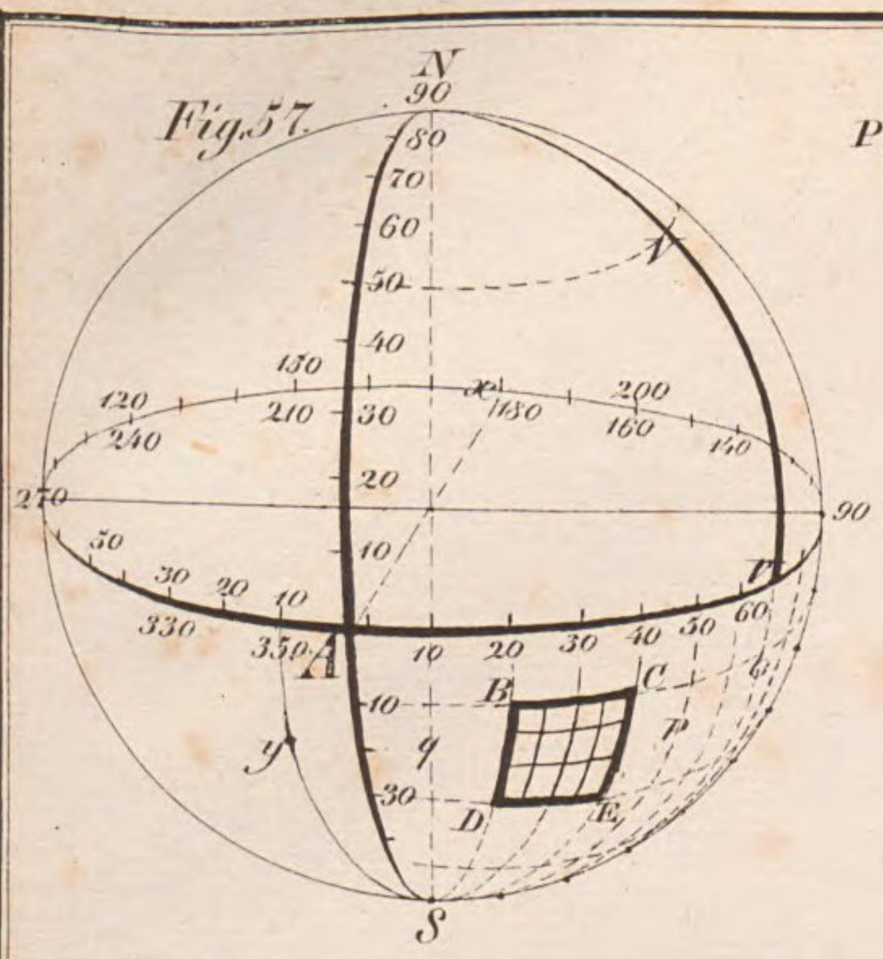
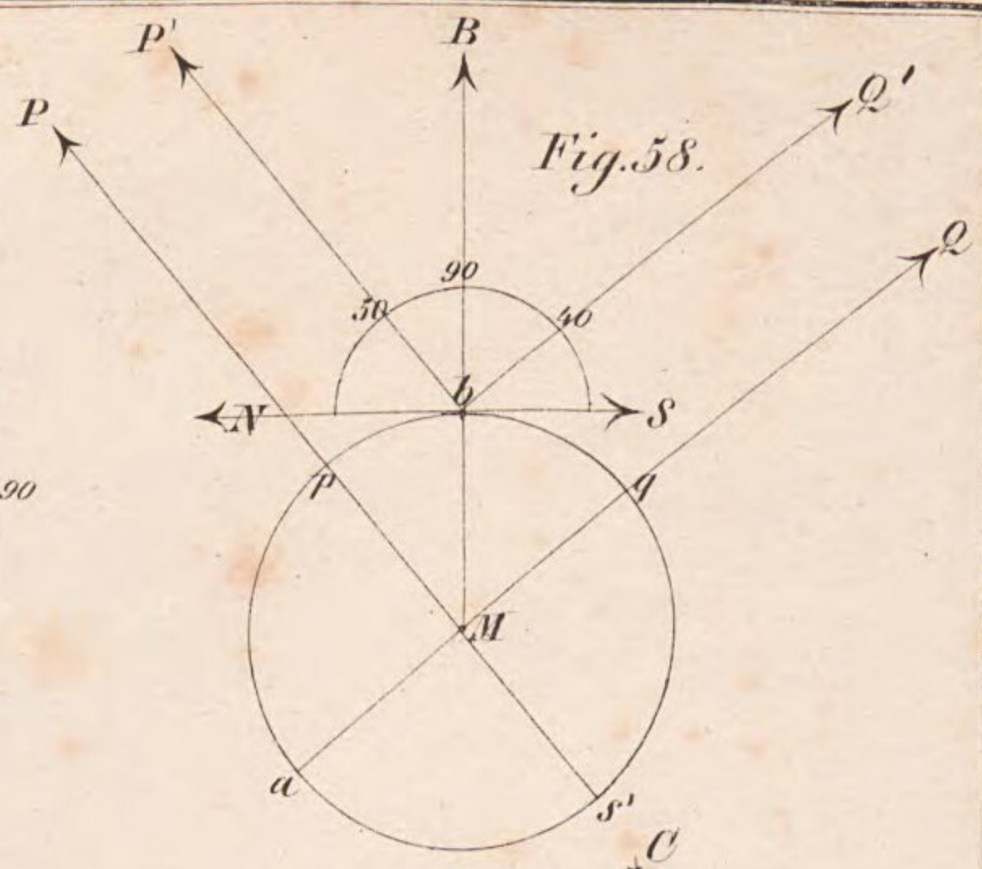


Fig. 58.



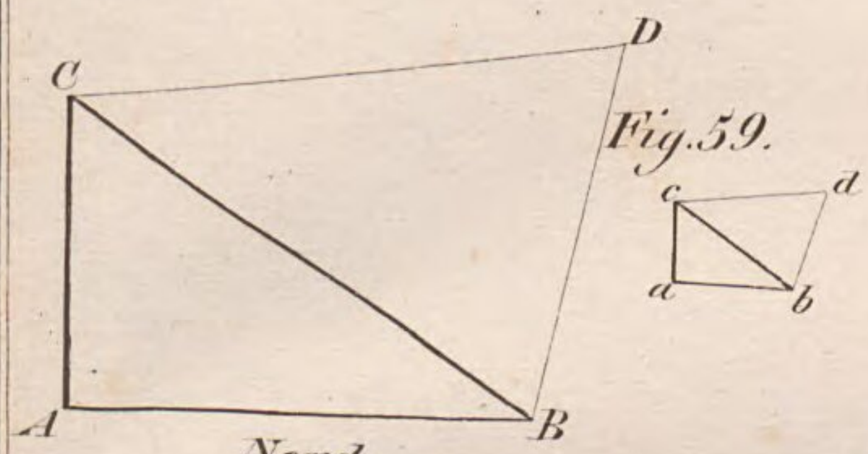


Fig. 59.

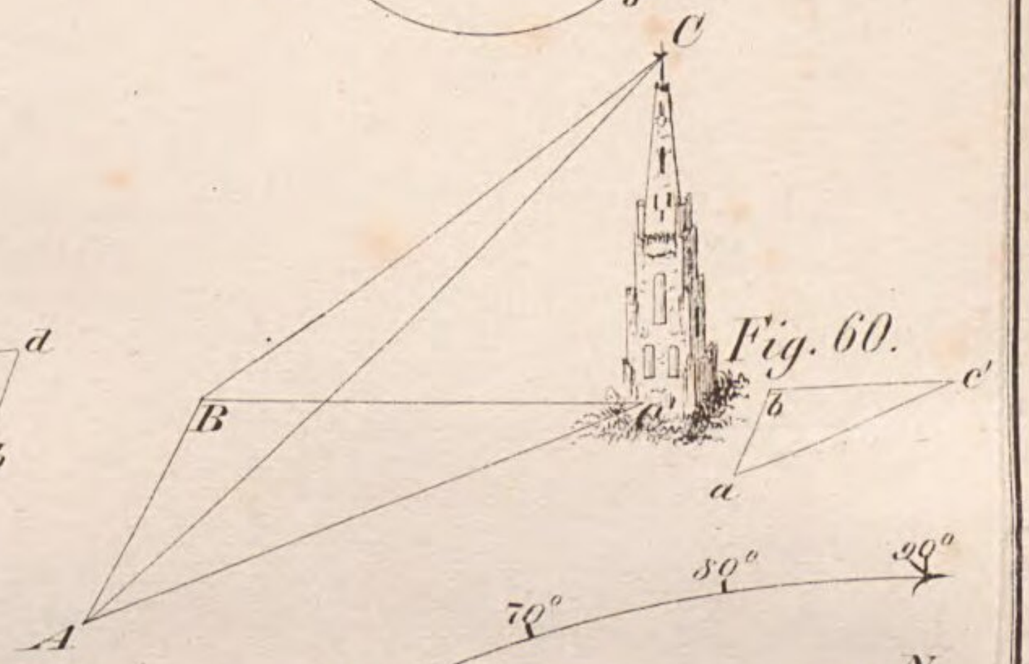


Fig. 60.

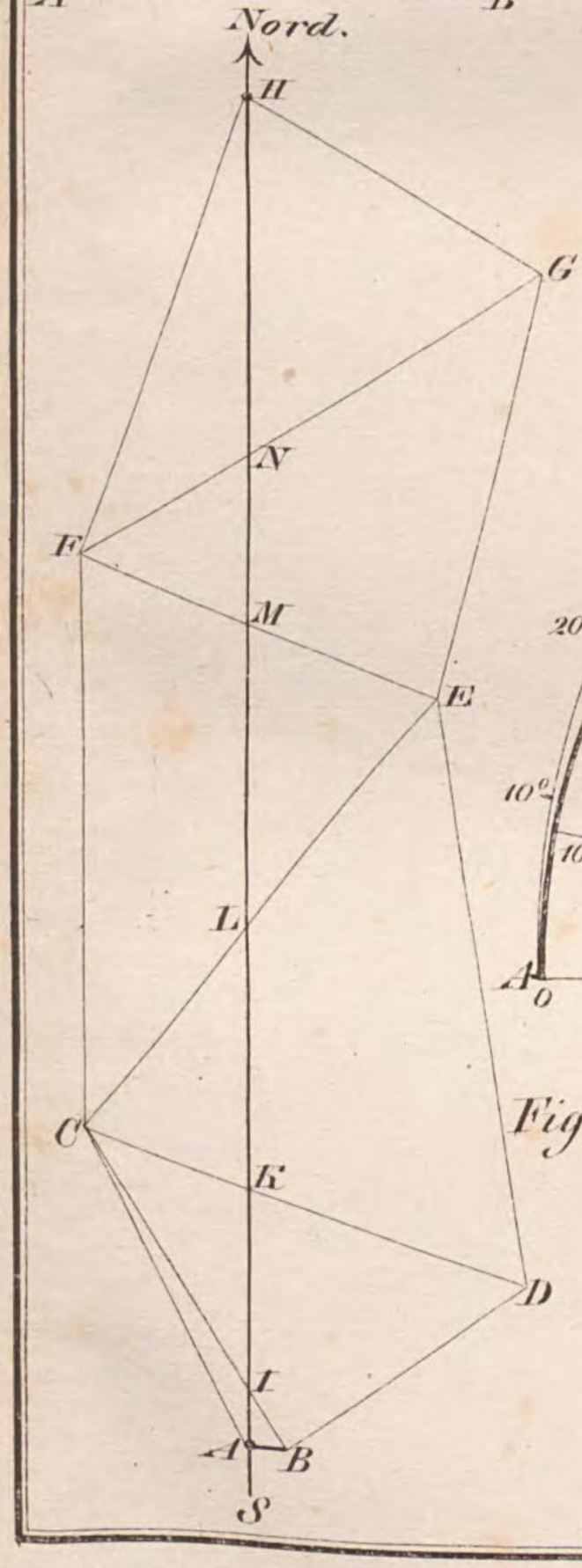
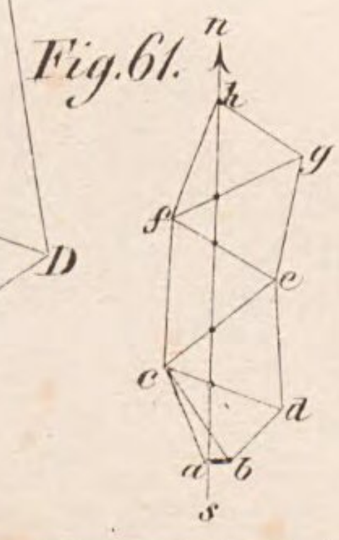


Fig. 61.



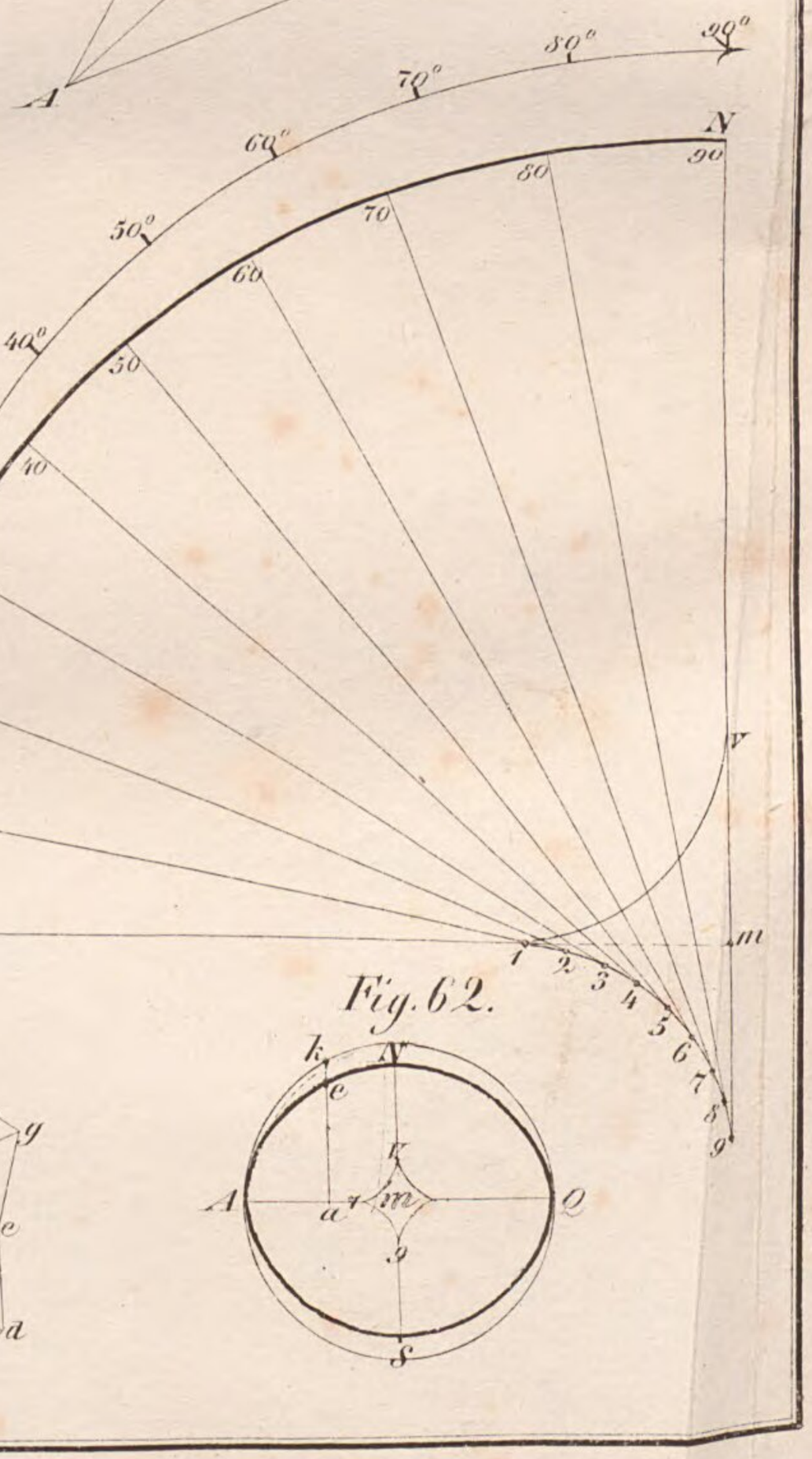


Fig. 62.

Fig. 63.

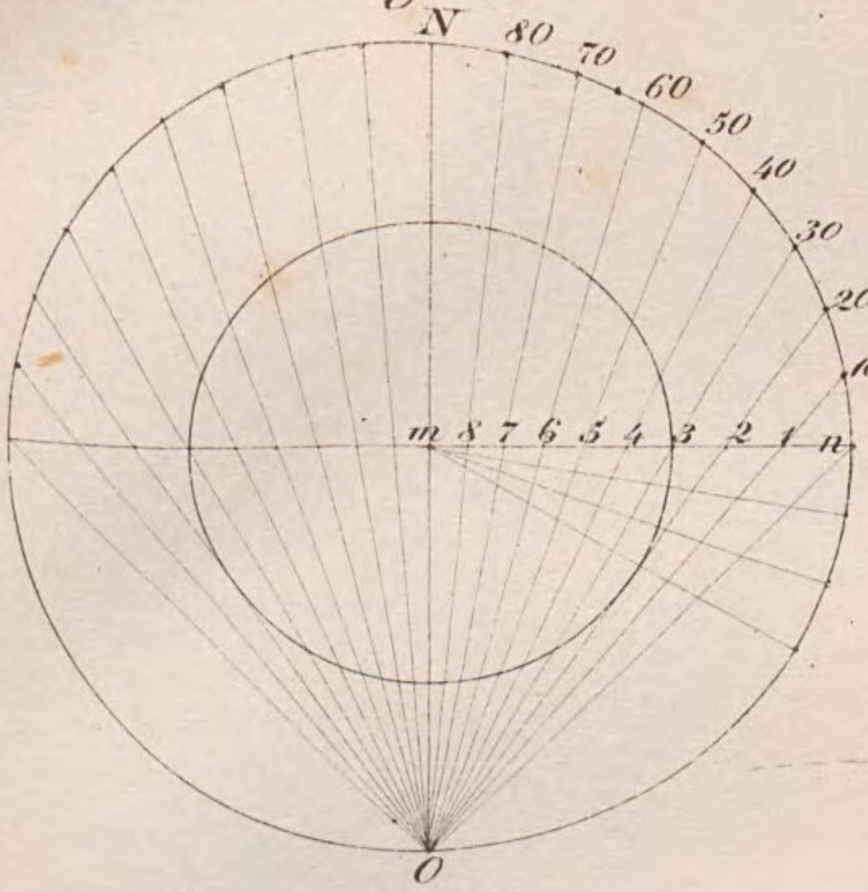
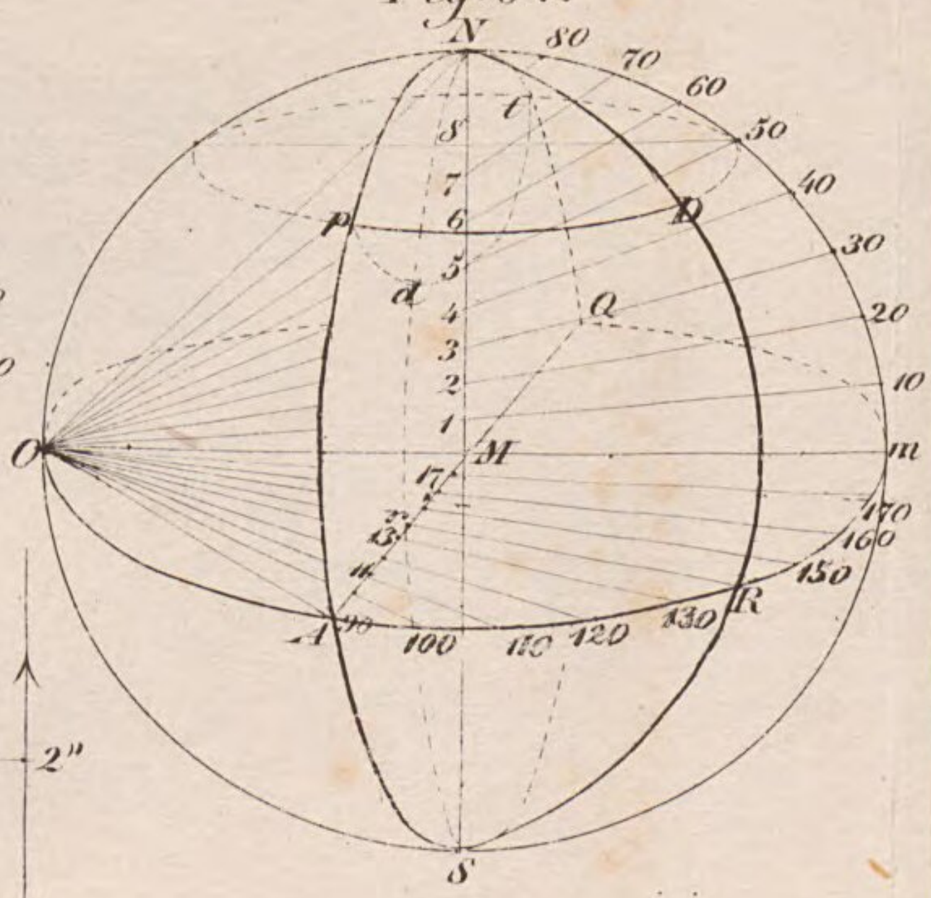


Fig. 64.



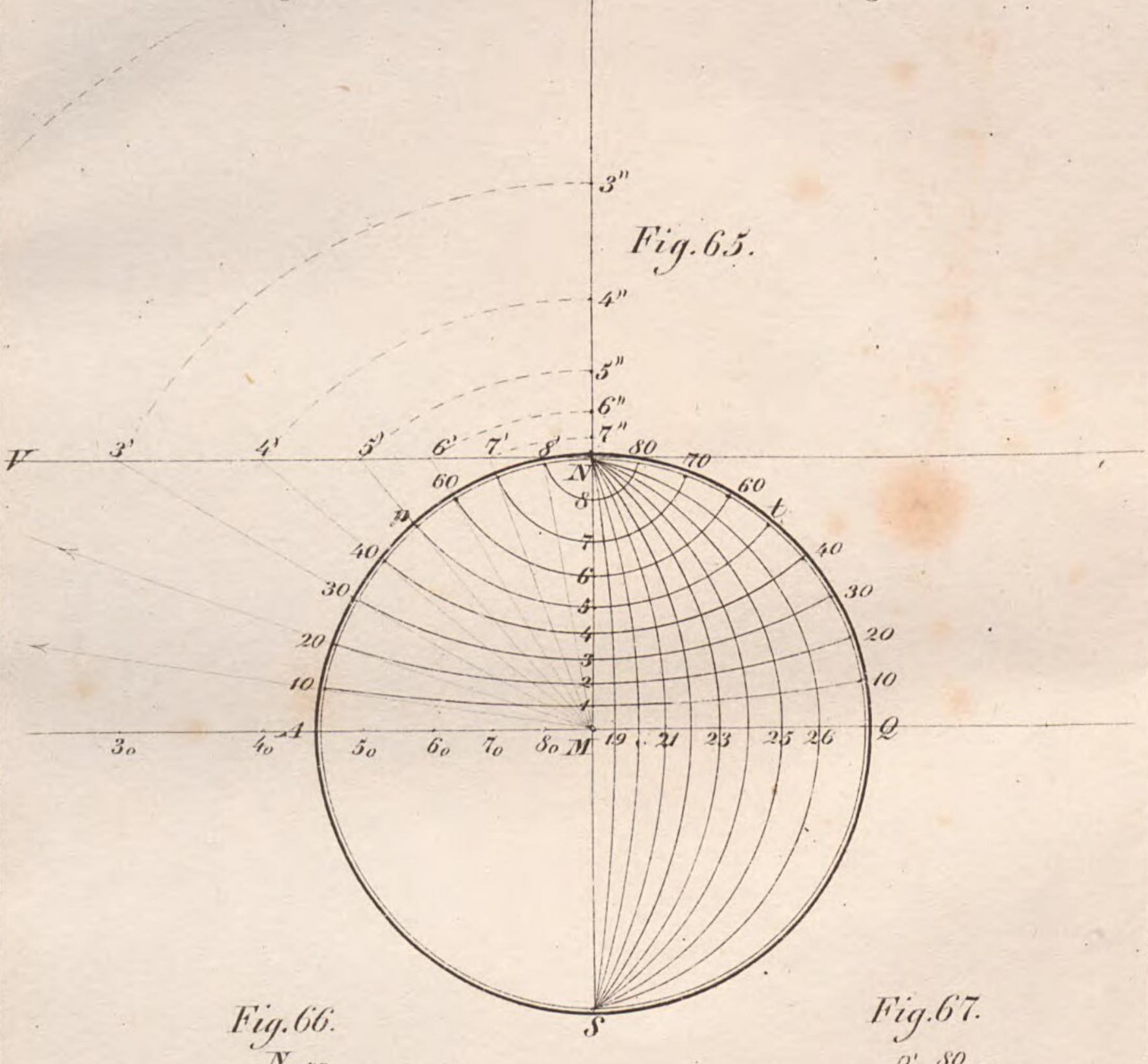


Fig. 65.

Fig. 66.

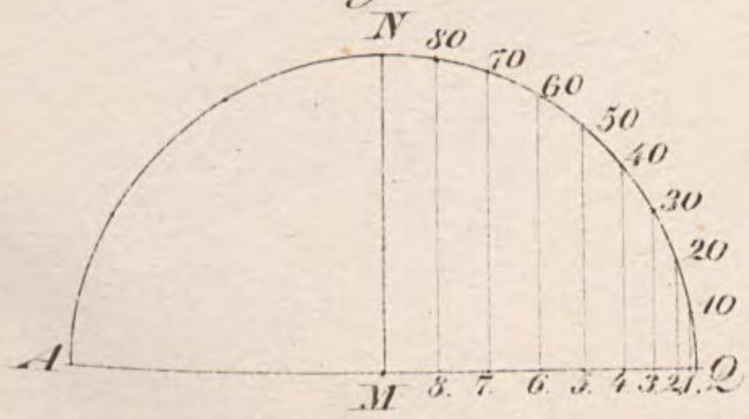


Fig. 67.

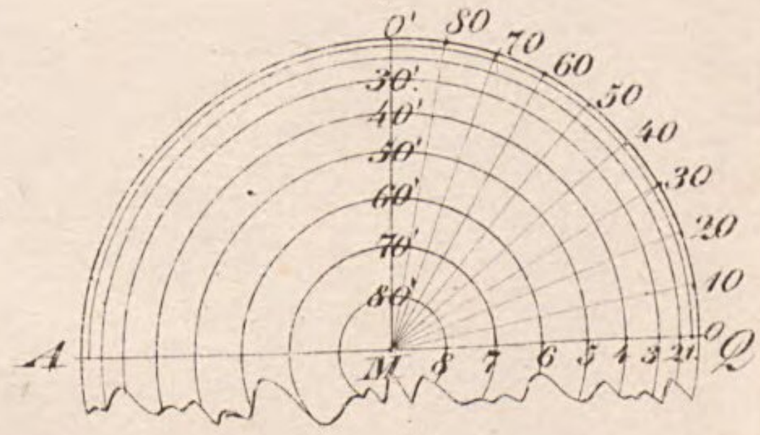


Fig. 68.

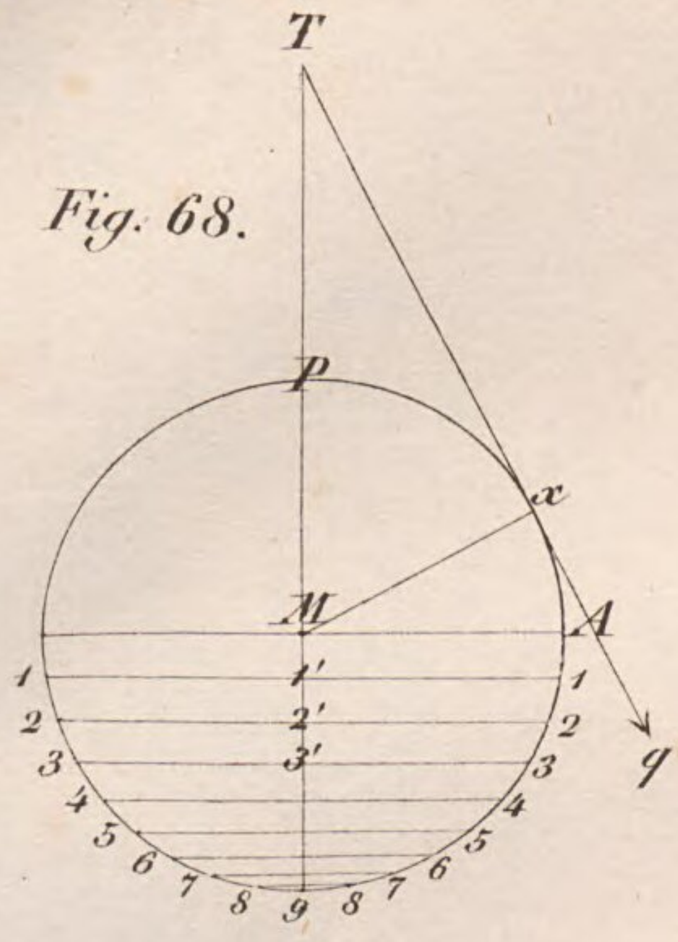


Fig. 69.

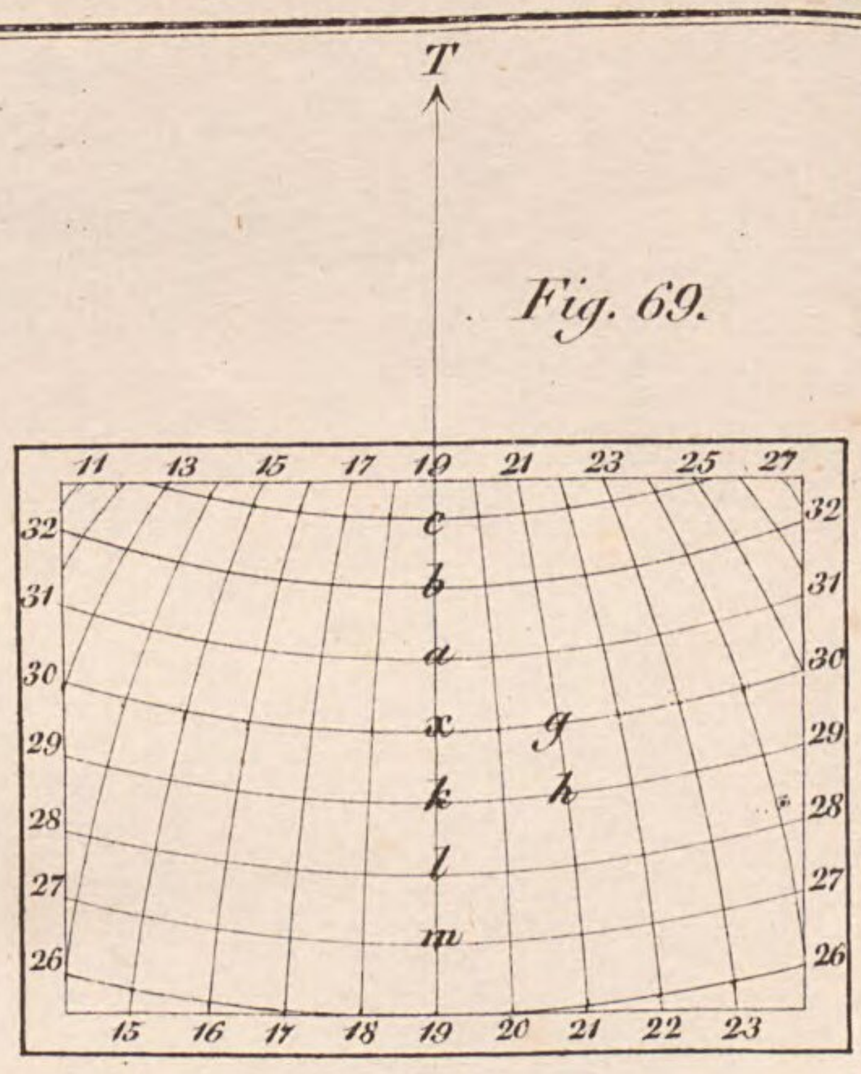
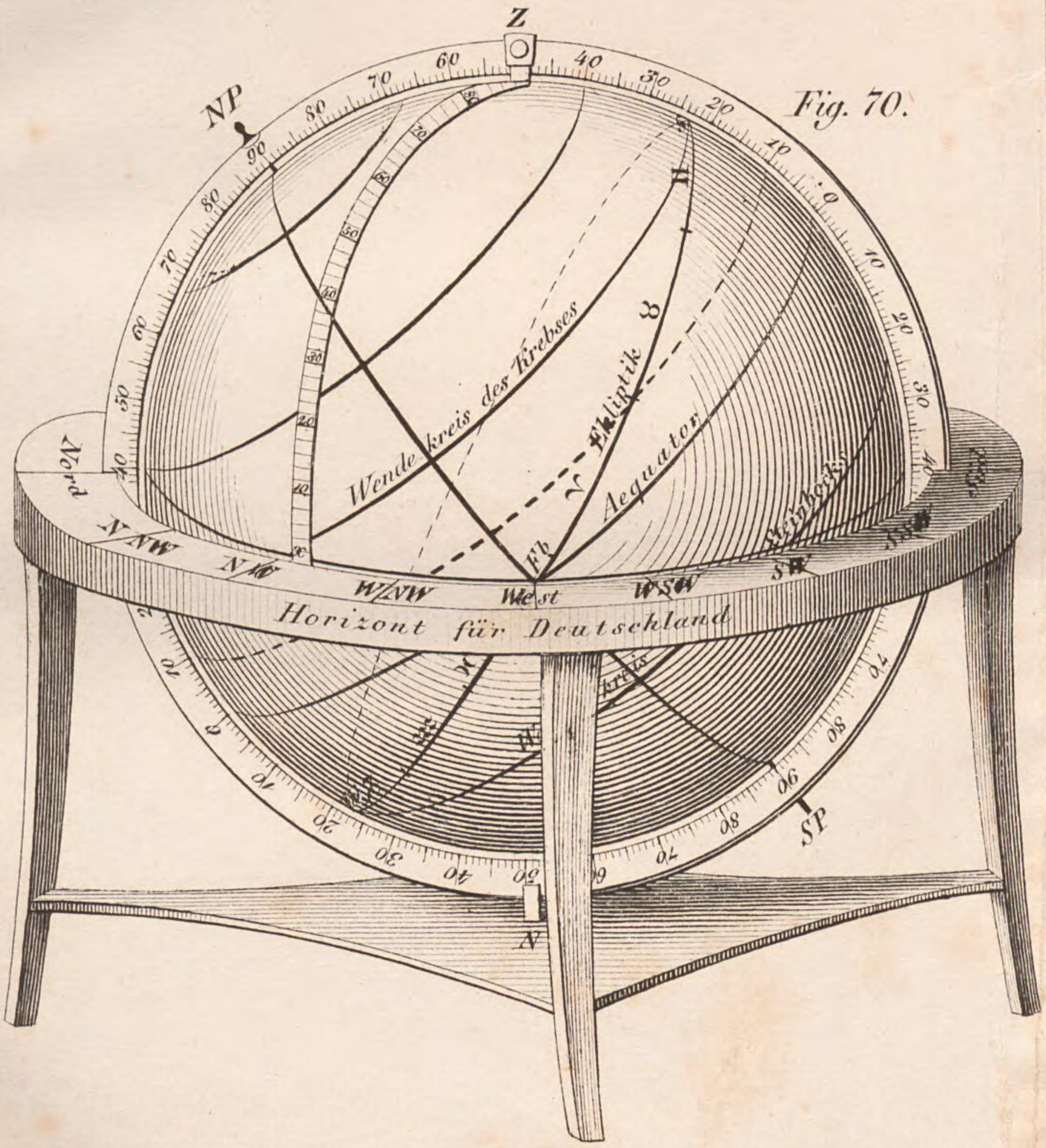


Fig. 70.



Taf. II.

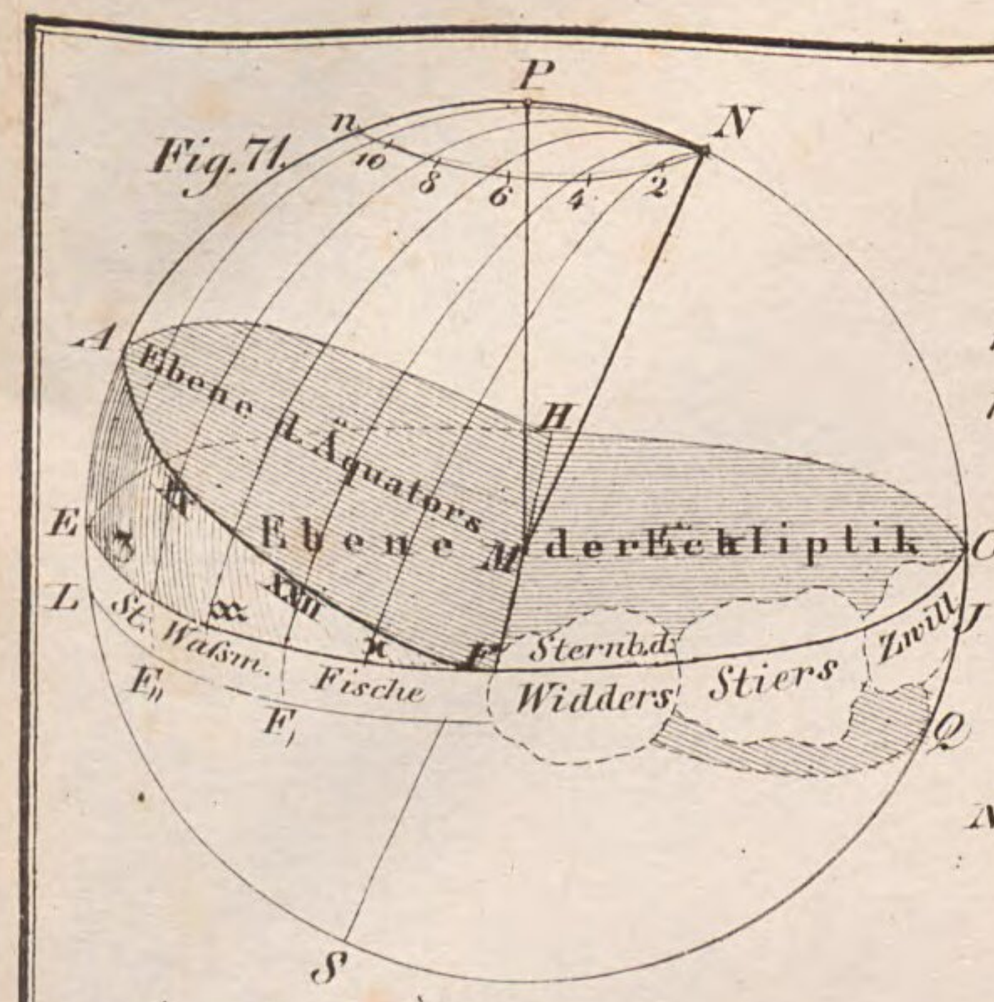


Fig. 71.

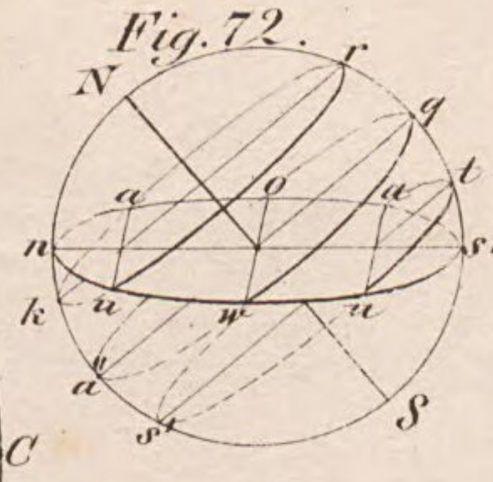


Fig. 72.

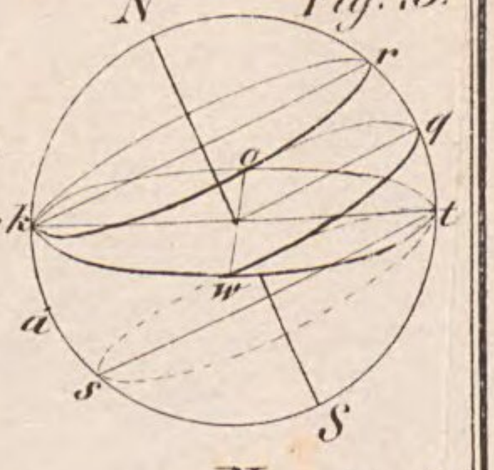


Fig. 73.

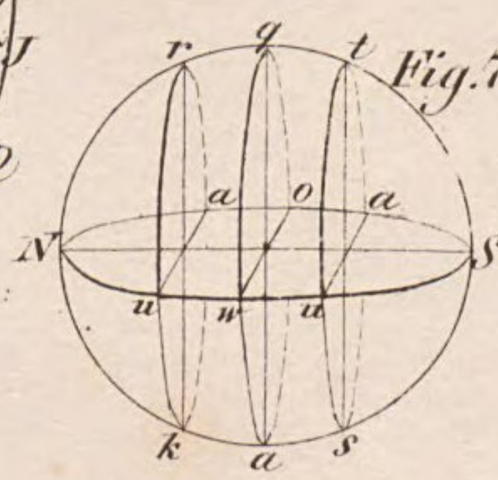


Fig. 74.

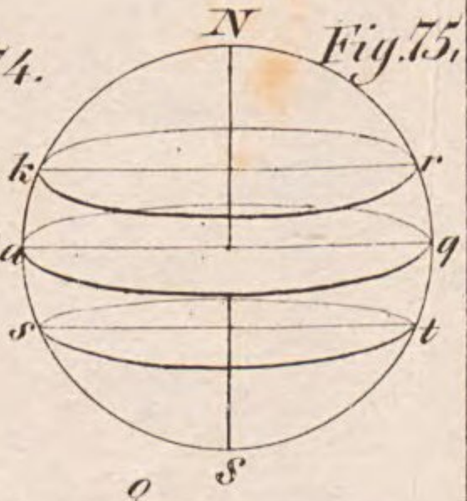


Fig. 75.

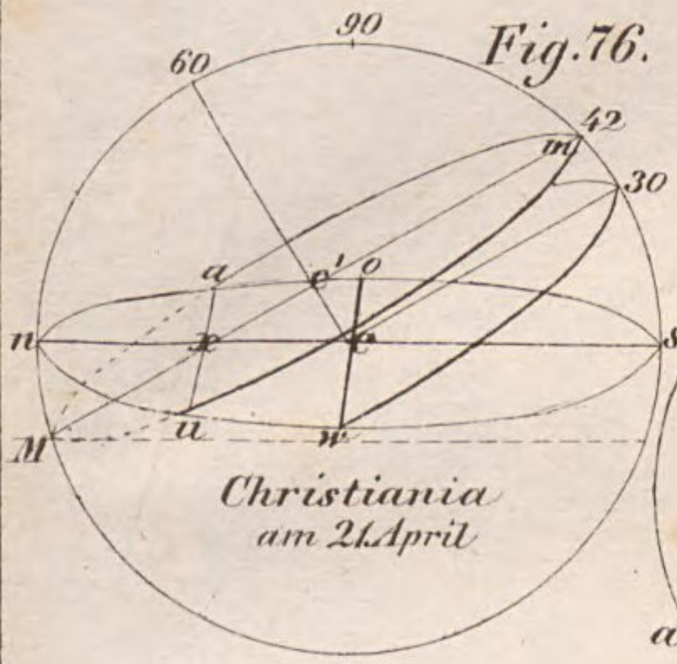


Fig. 76.

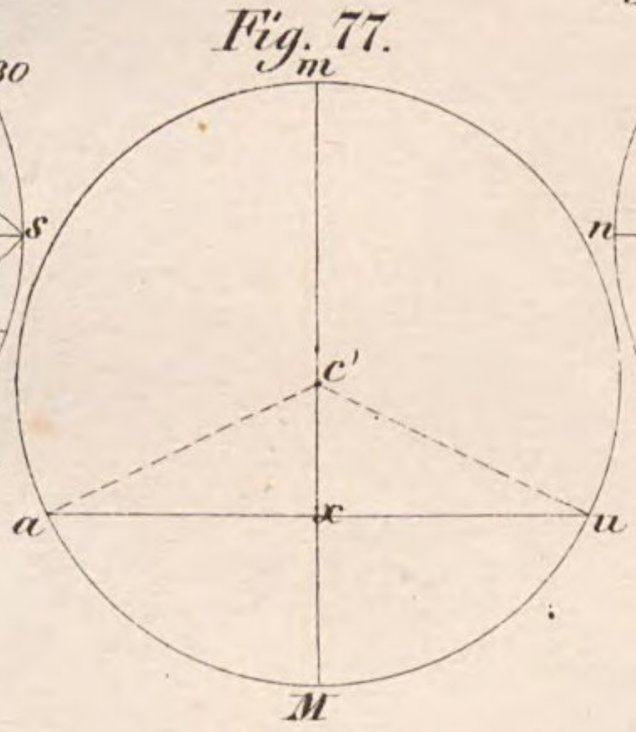


Fig. 77.

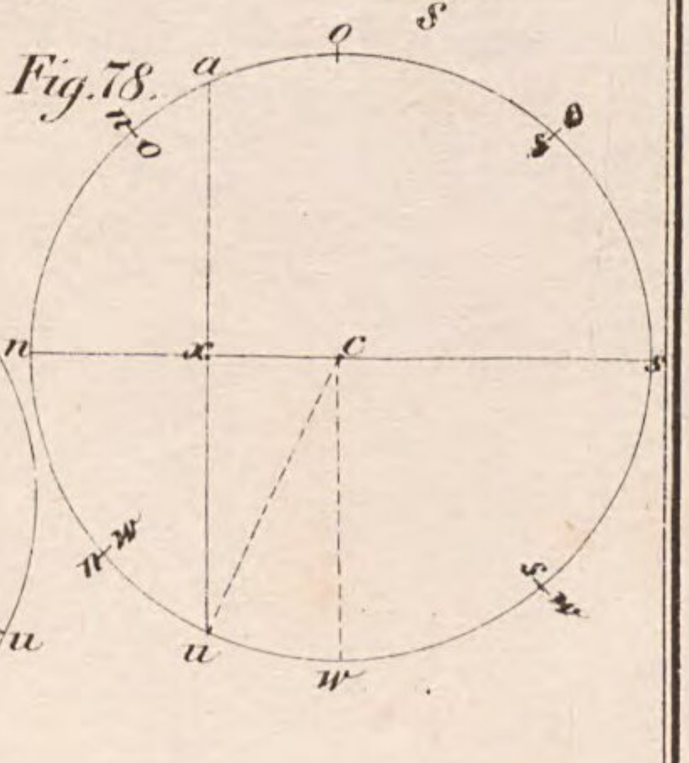


Fig. 78.

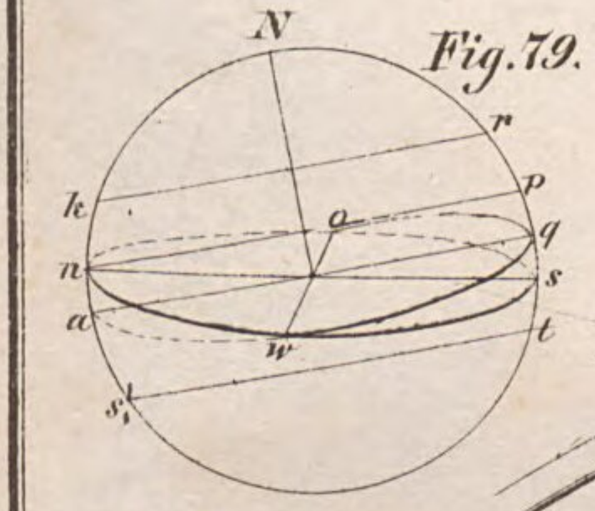


Fig. 79.

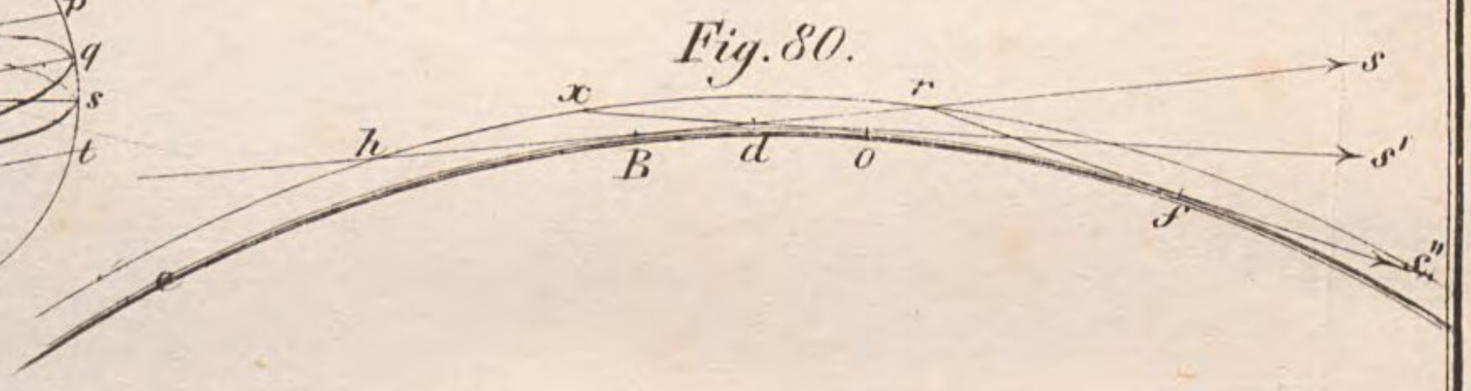


Fig. 80.

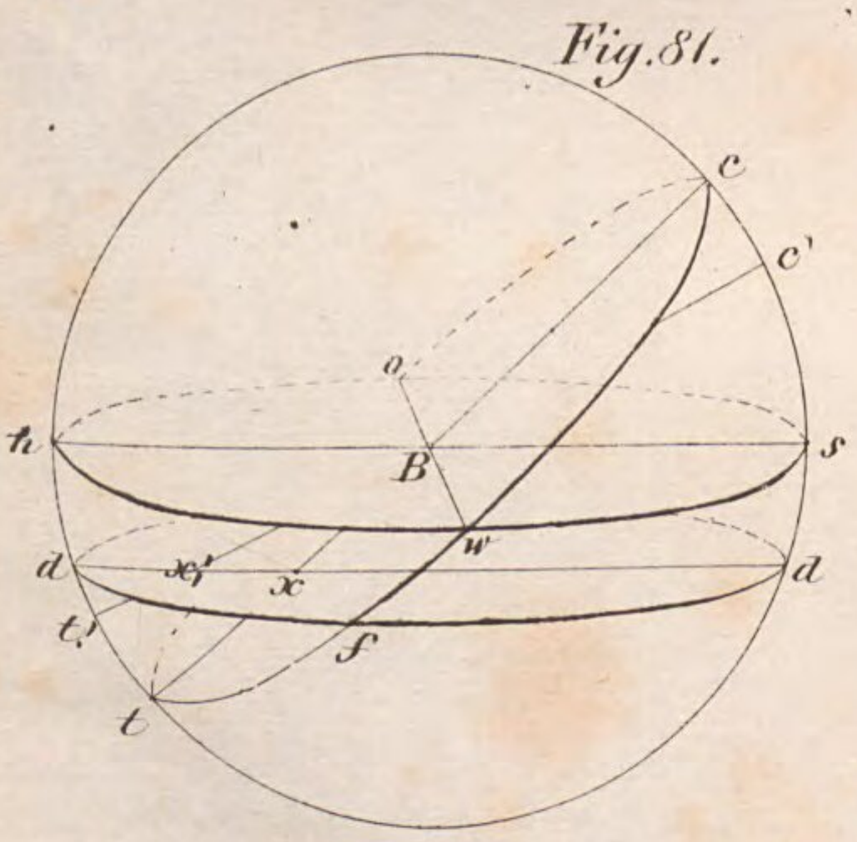


Fig. 81.

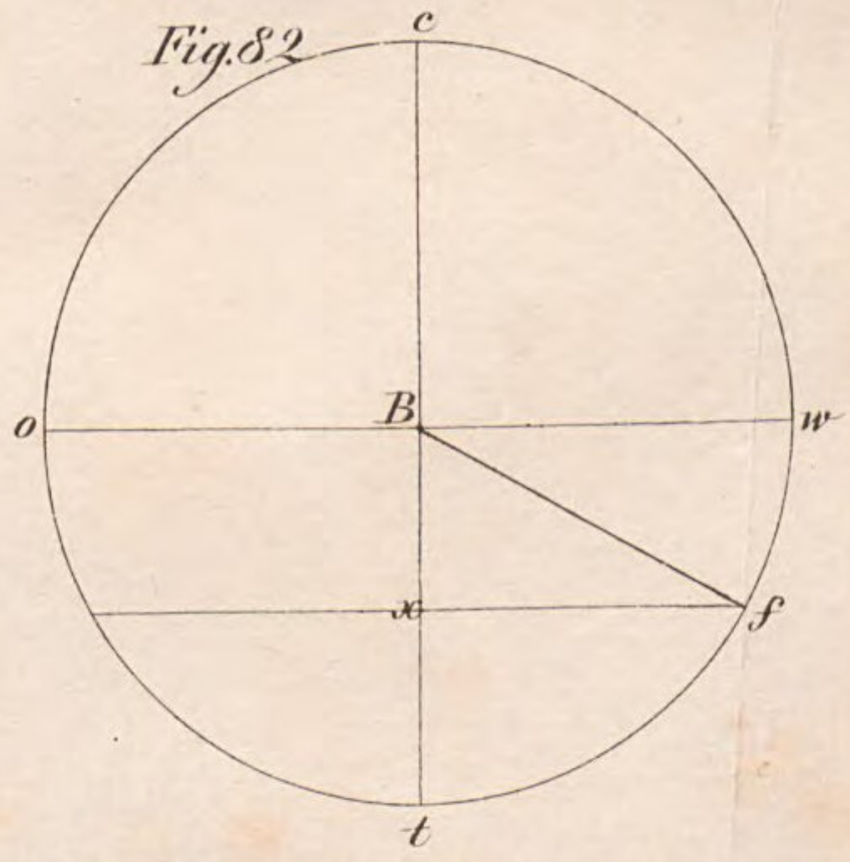


Fig. 82

Taf. 12.

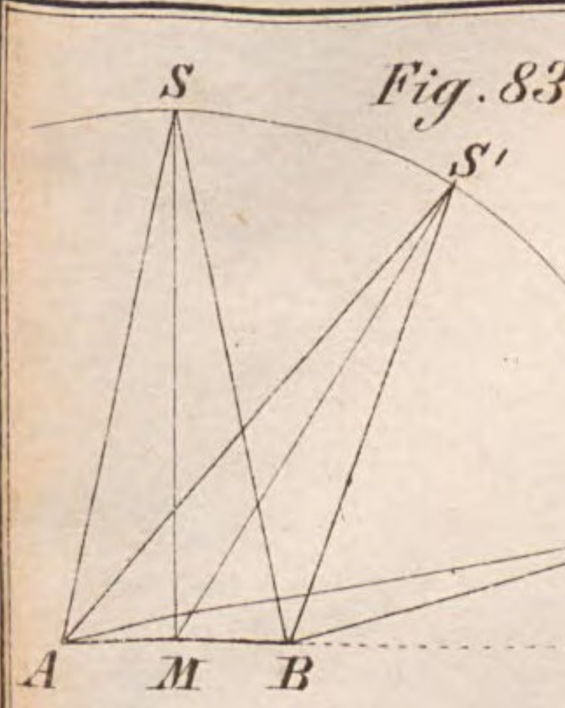


Fig. 83.

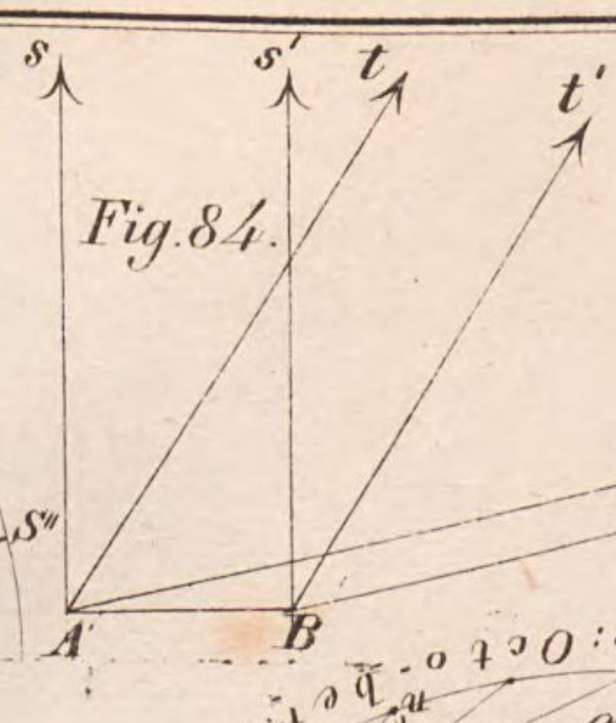


Fig. 84.

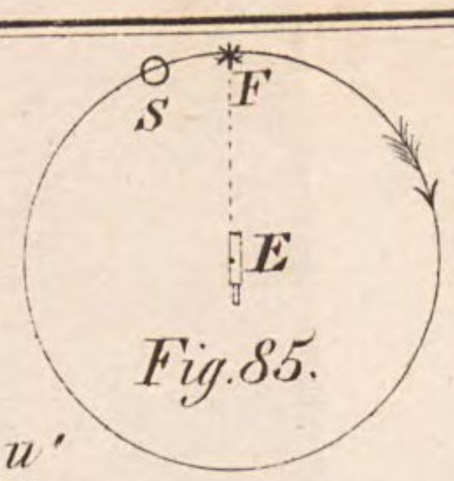


Fig. 85.

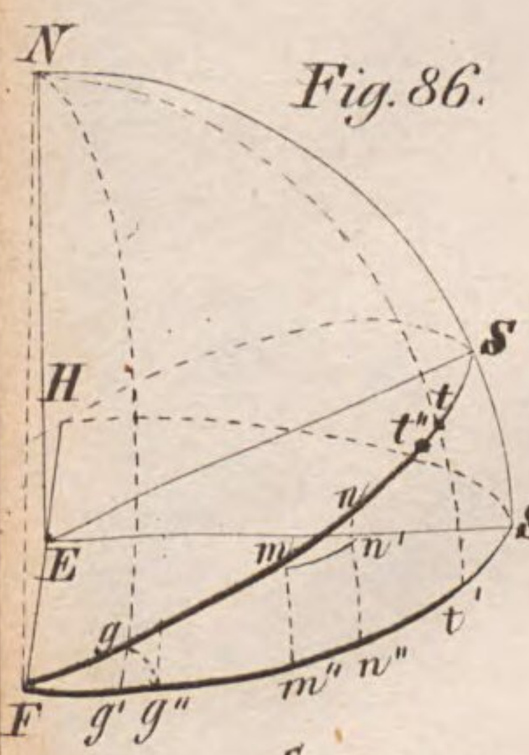


Fig. 86.

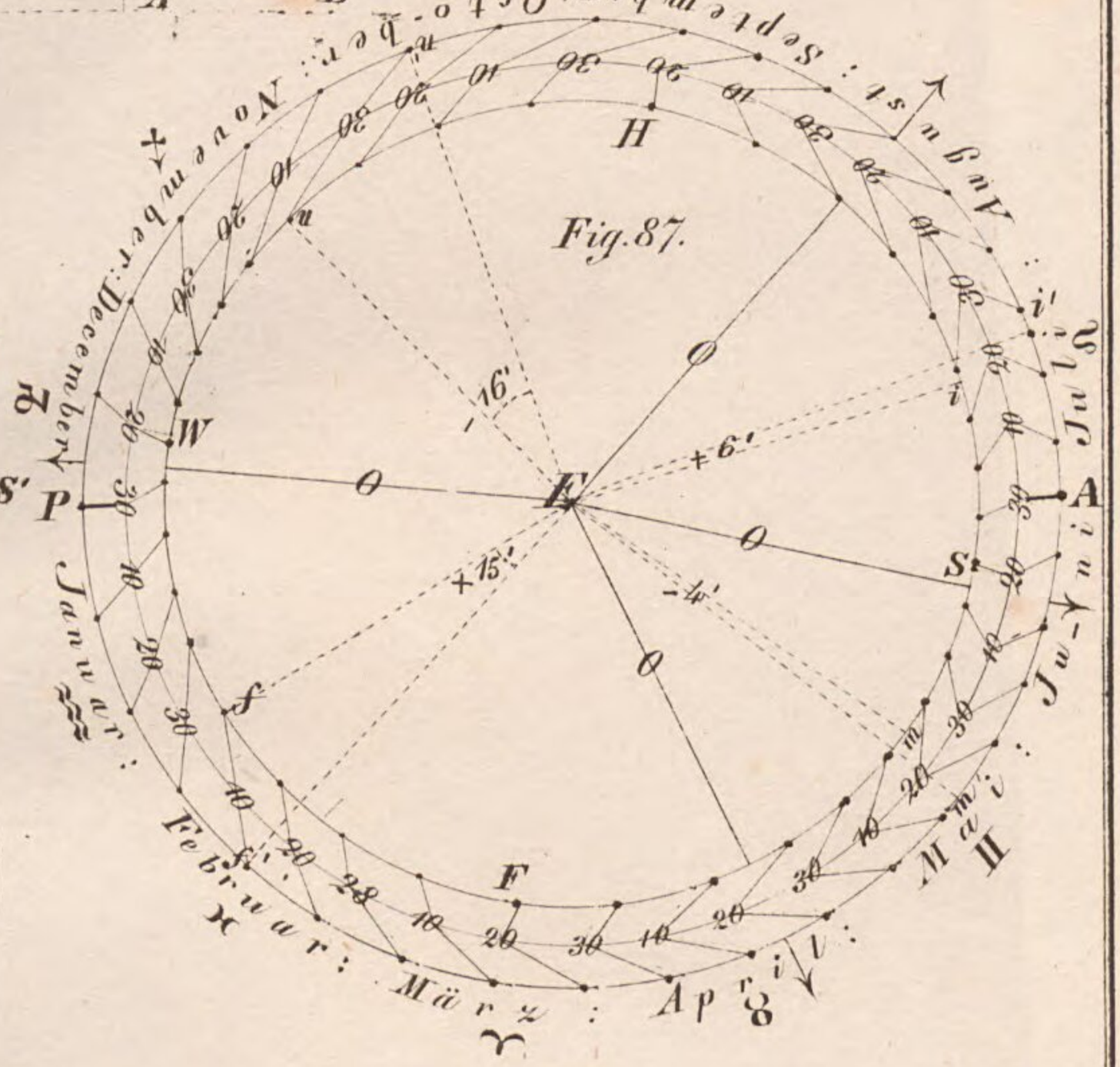


Fig. 87.

Fig. 88.

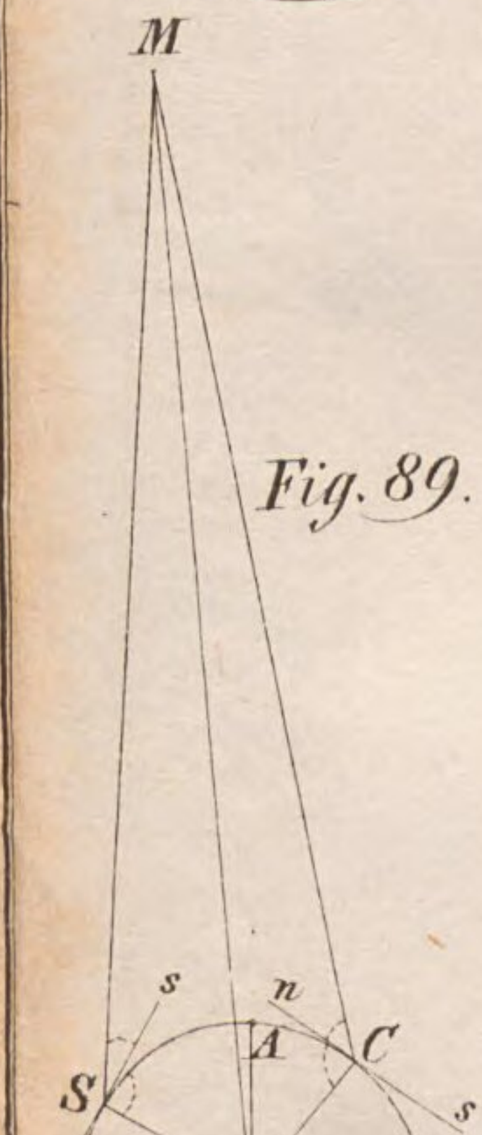


Fig. 89.

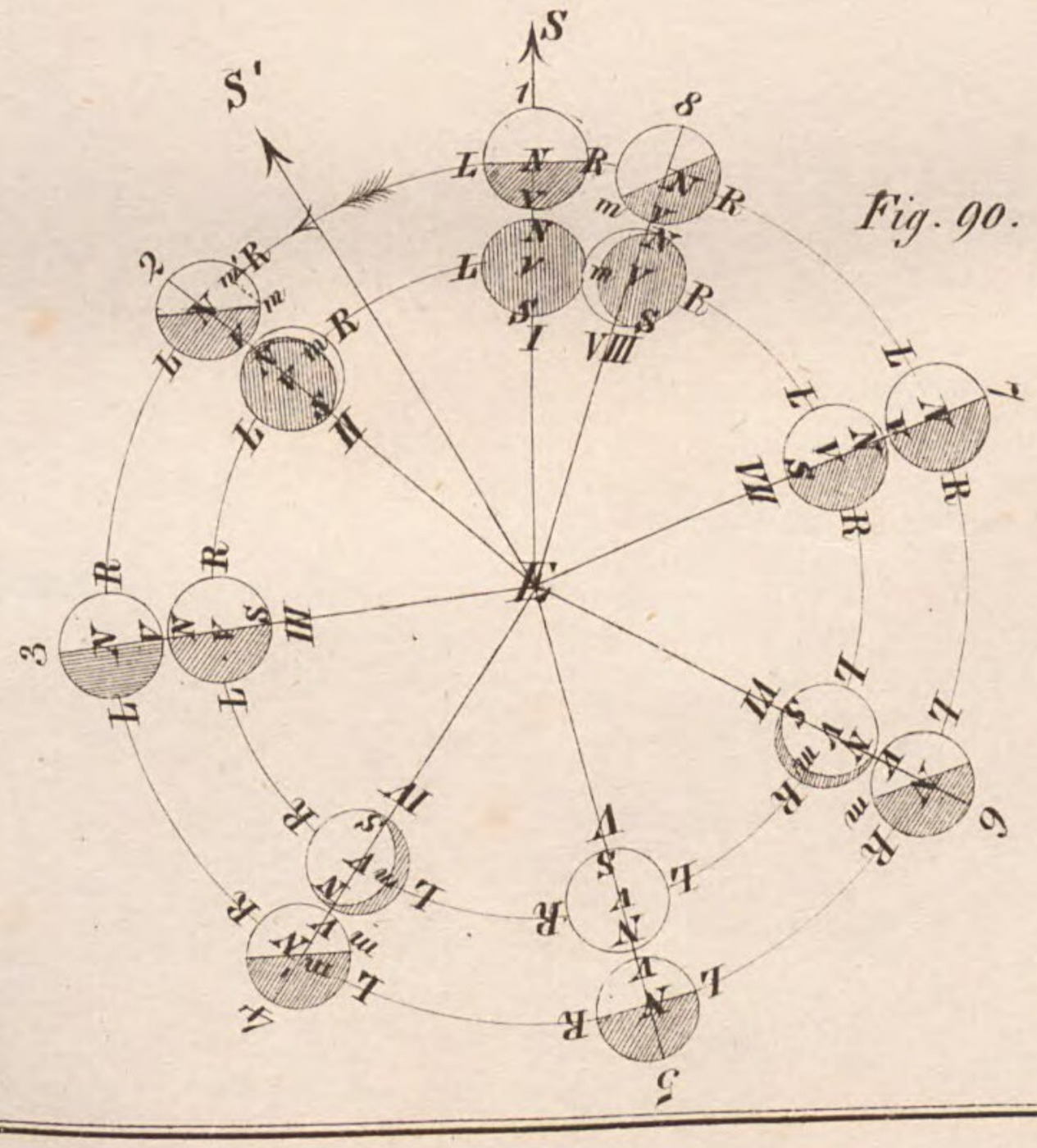


Fig. 90.

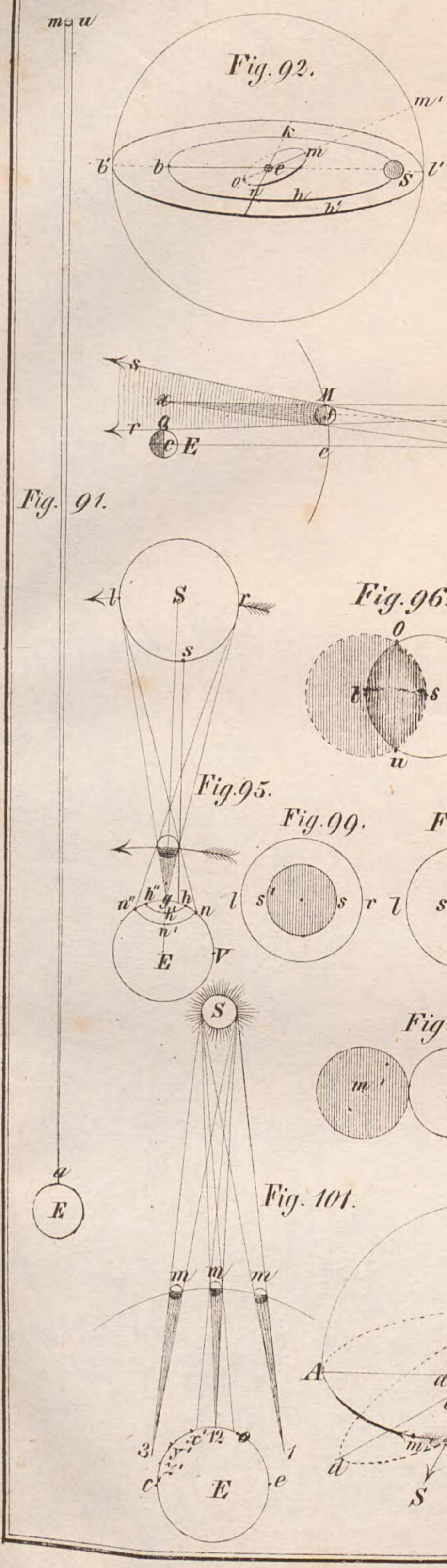


Fig. 92.

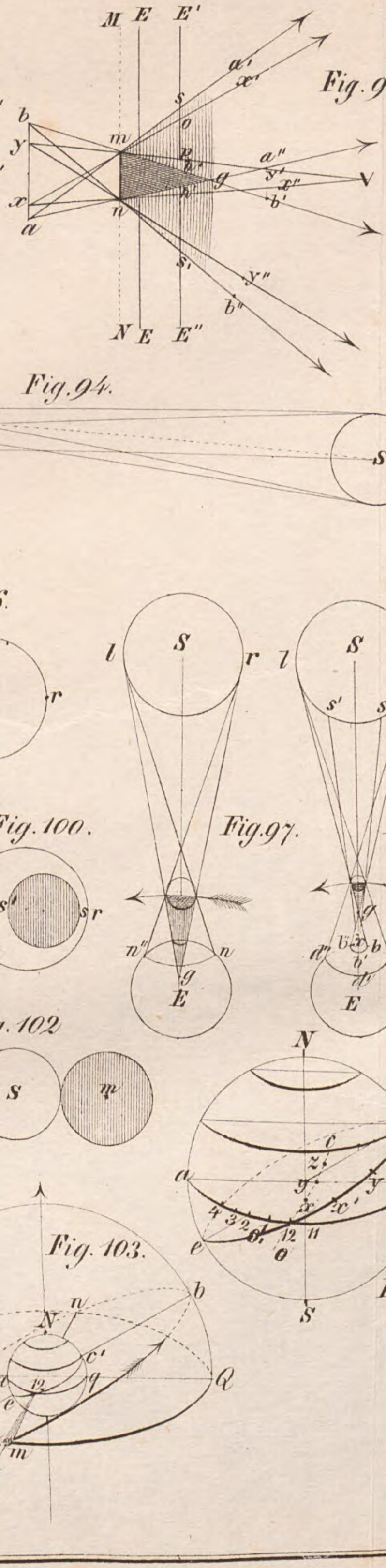


Fig. 93.

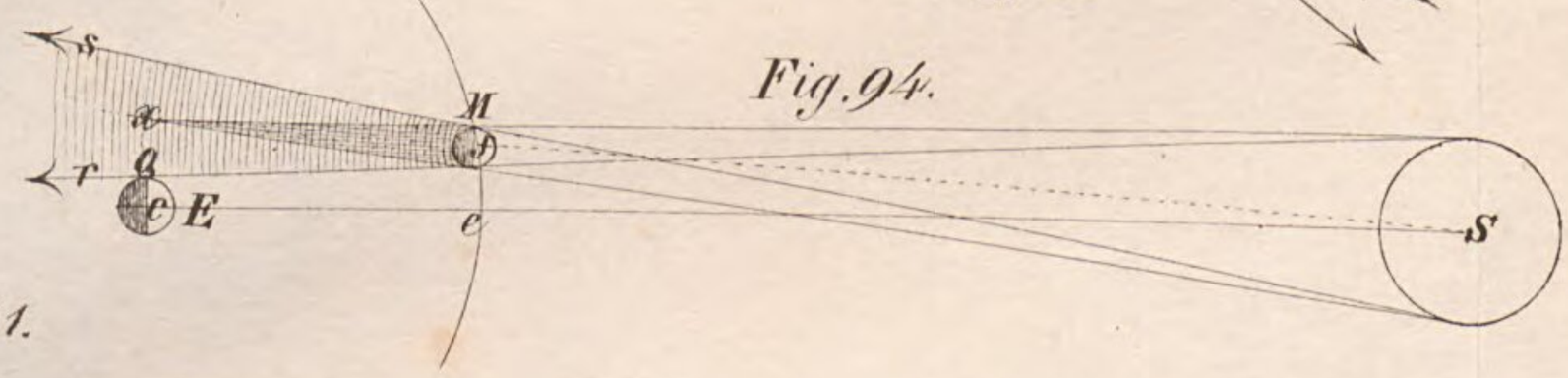


Fig. 94.

Fig. 95.

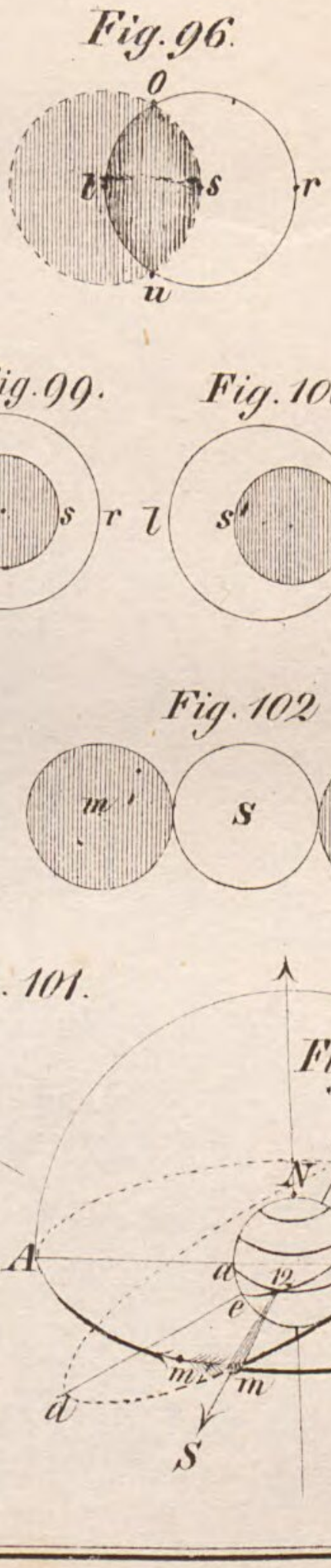


Fig. 96.

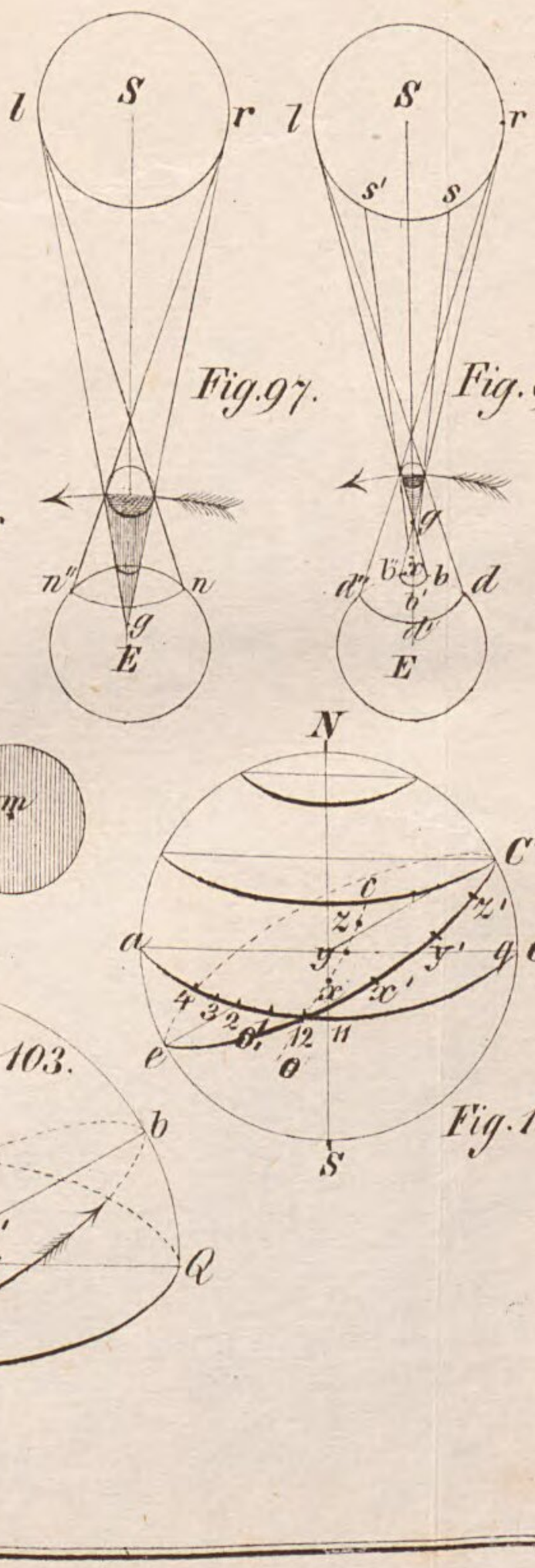


Fig. 97.

Fig. 98.

Fig. 99.

Fig. 100.

Fig. 102.

Fig. 101.

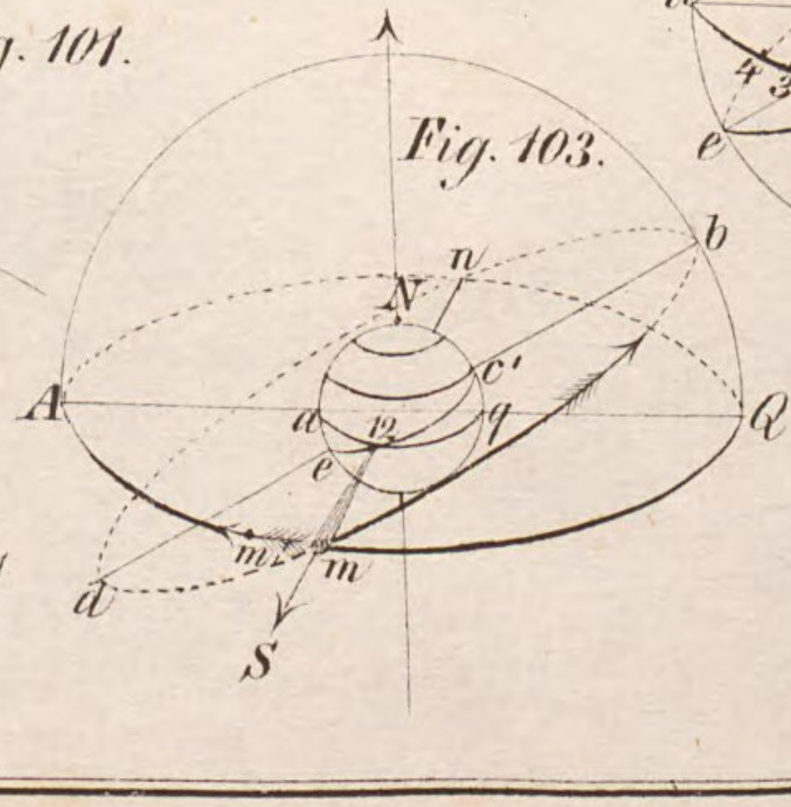


Fig. 103.

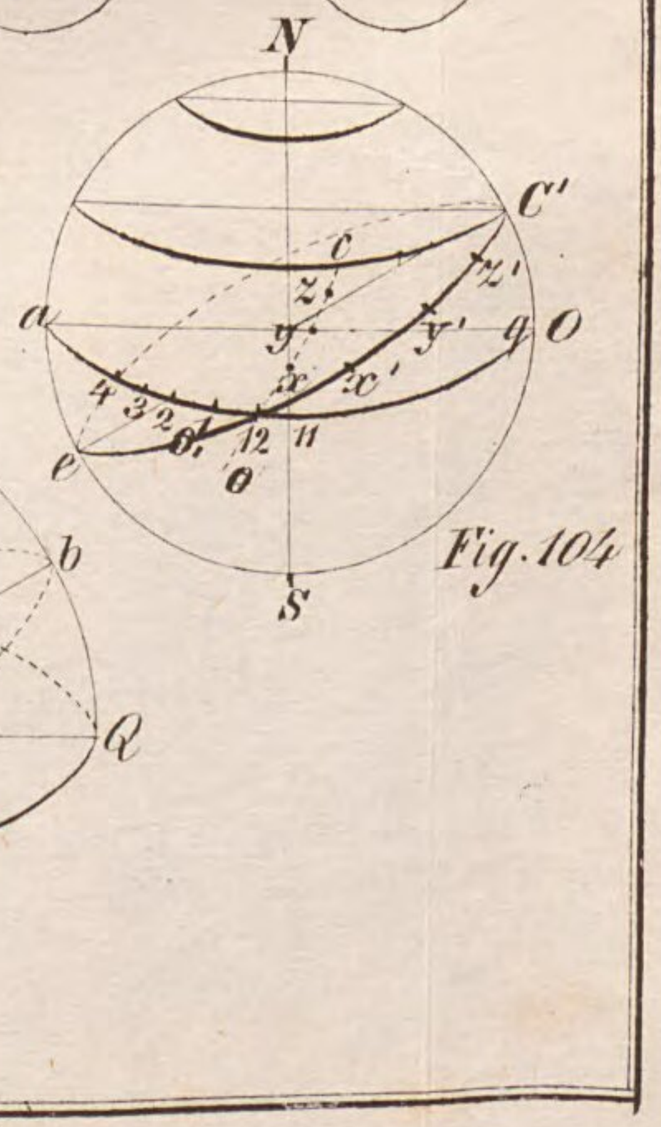


Fig. 104

Fig. 105.

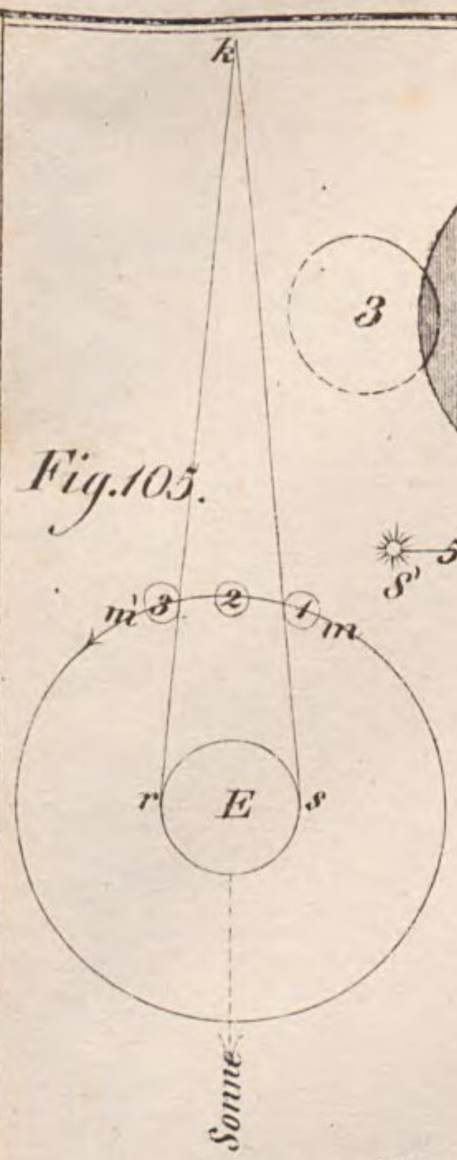


Fig. 106.

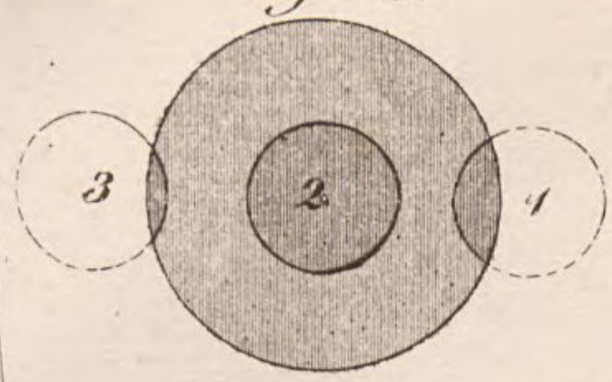


Fig. 107.

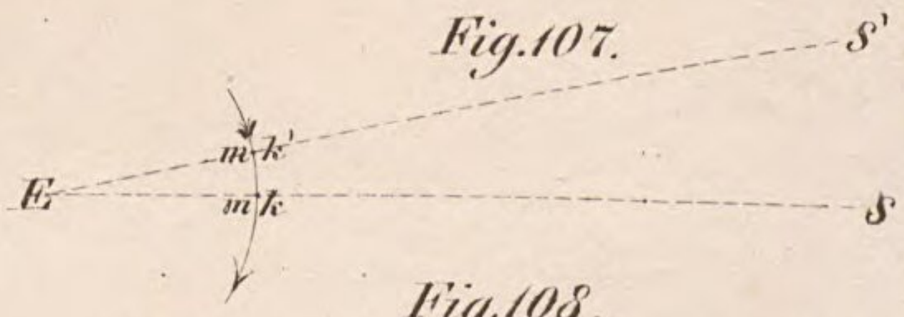


Fig. 108.

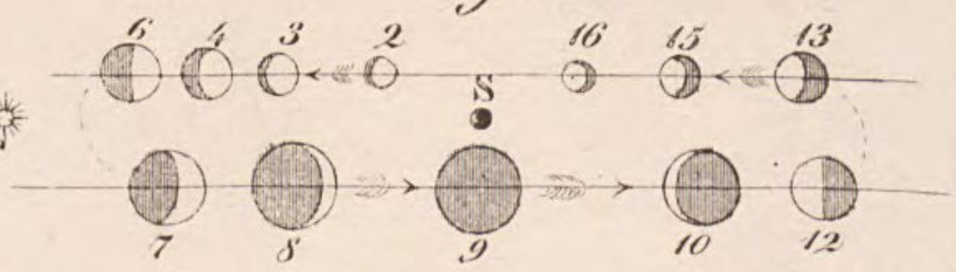


Fig. 109.

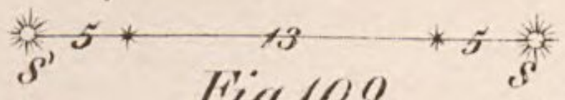


Fig. 110.

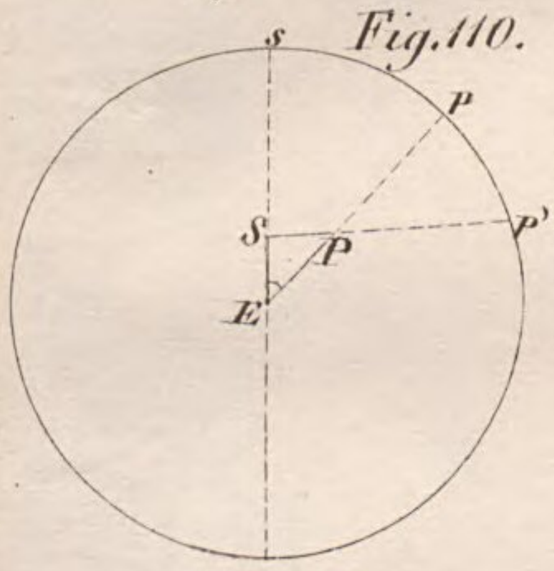


Fig. 111.

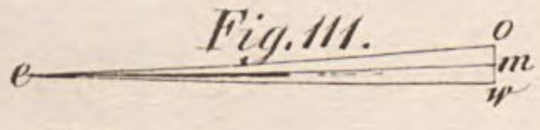


Fig. 112.

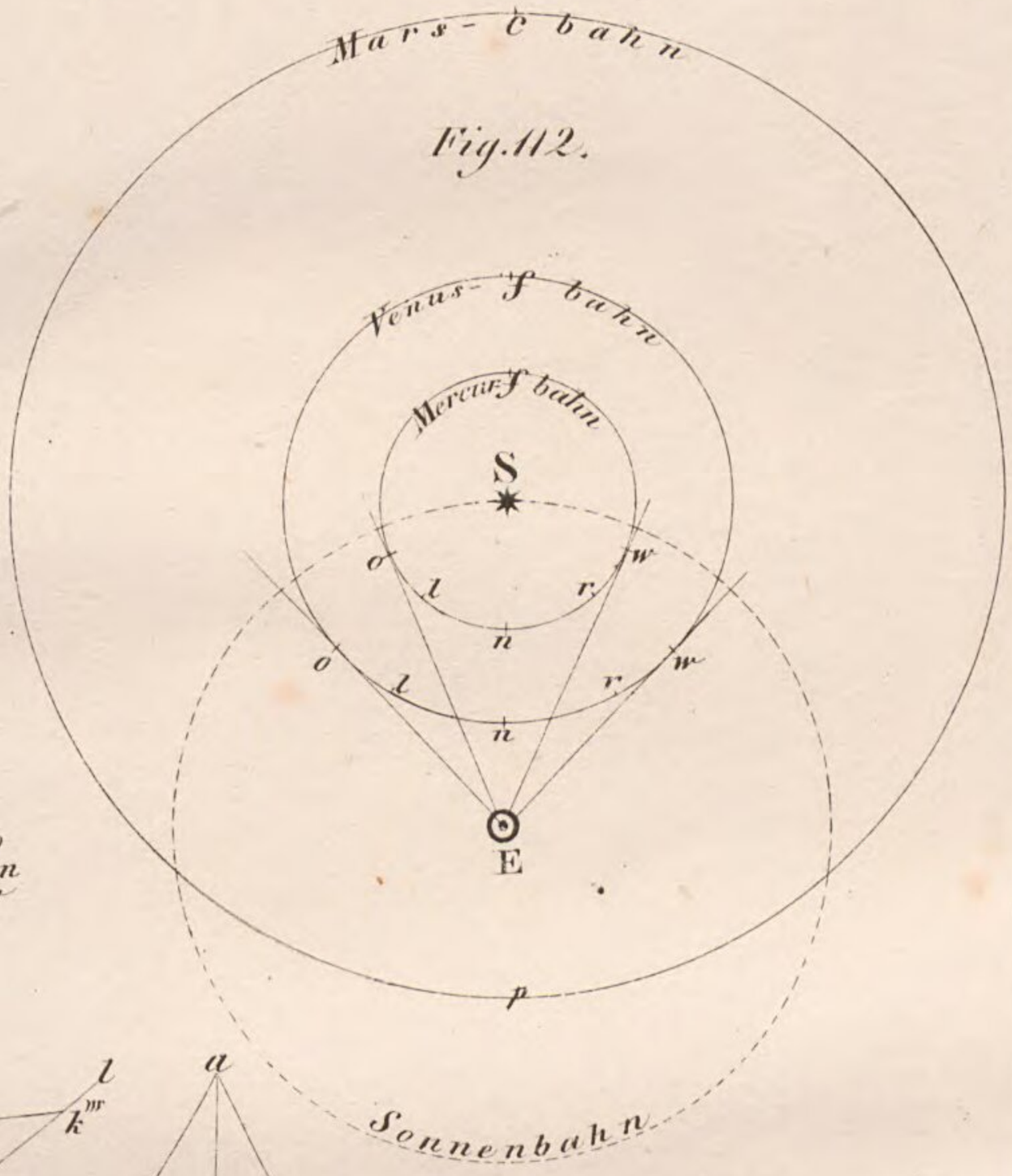


Fig. 113.

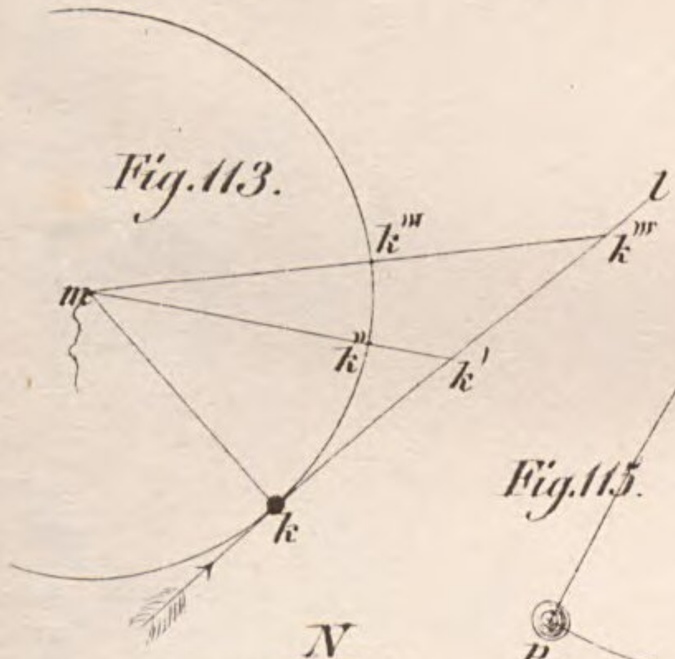


Fig. 115.

Fig. 116.

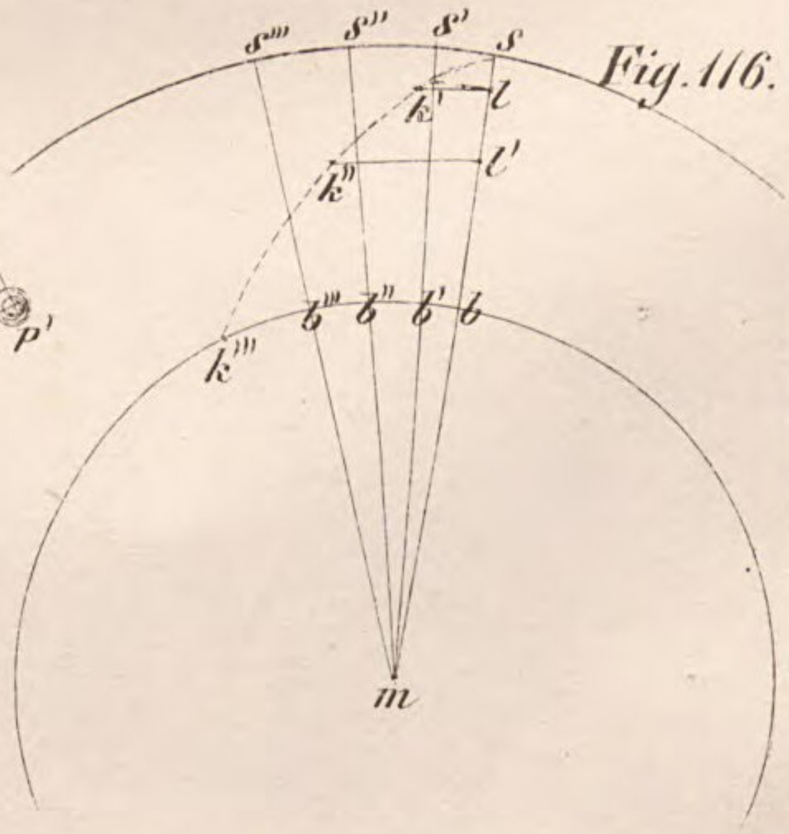


Fig. 114.

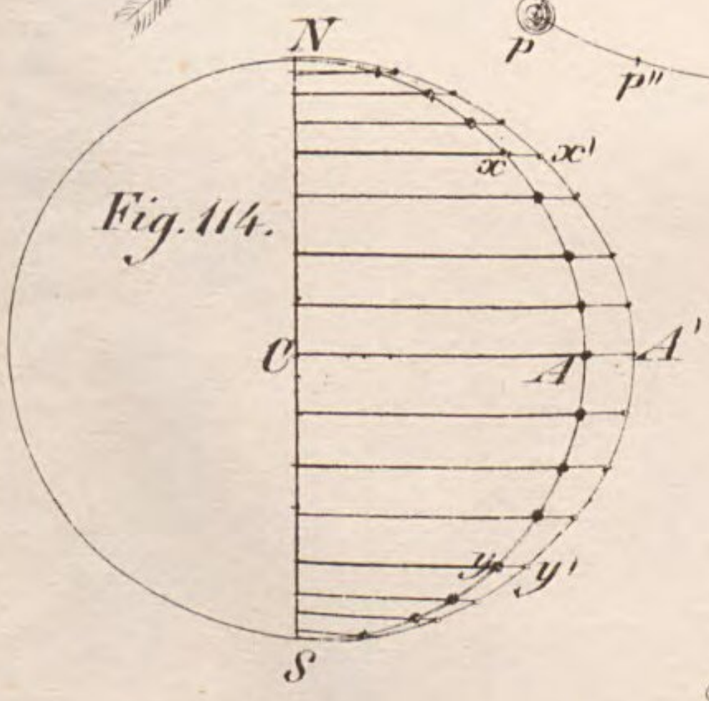


Fig. 117.

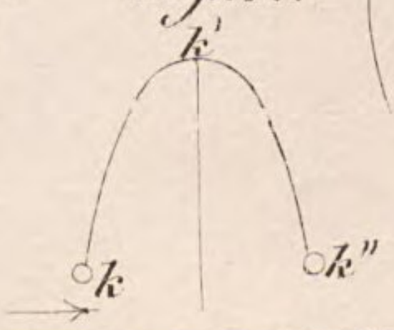


Fig. 118.

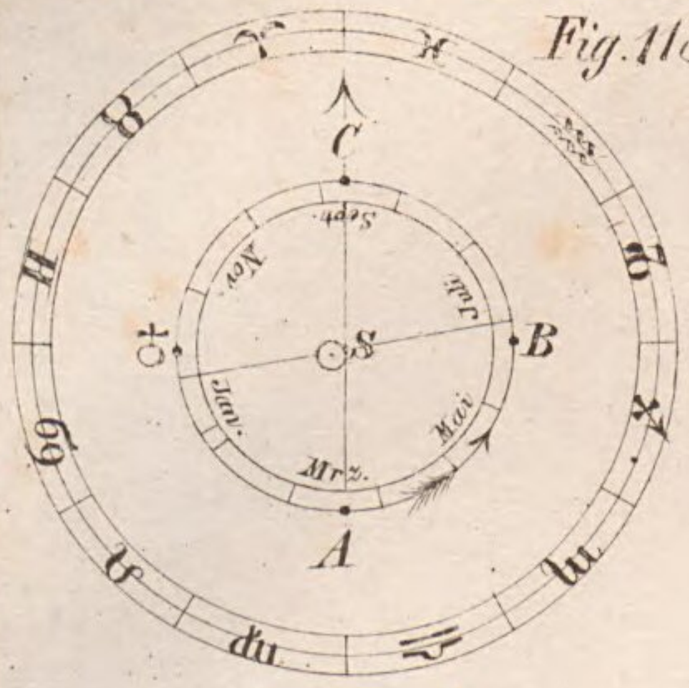


Fig. 119.

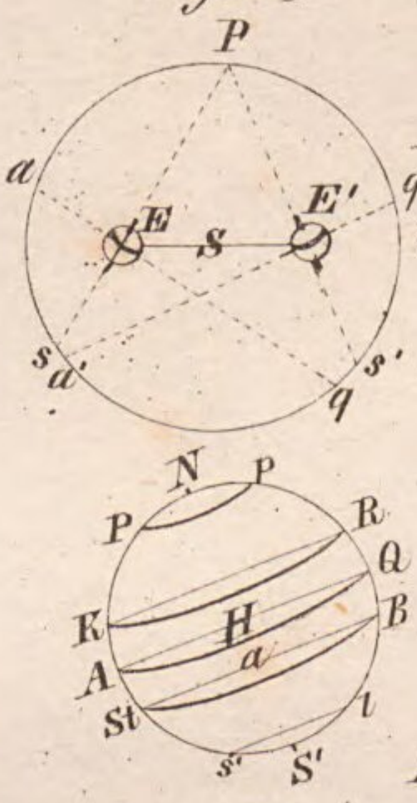
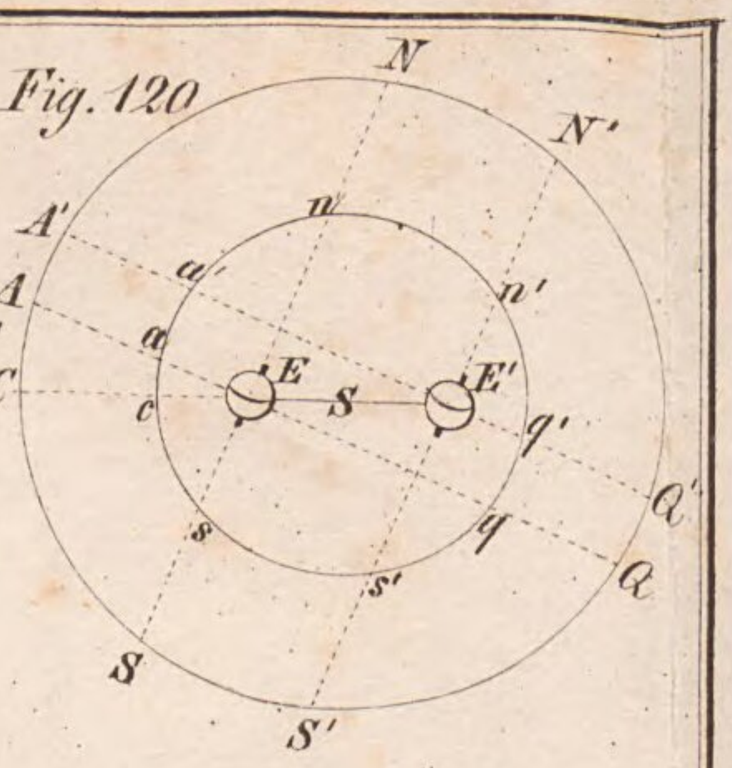
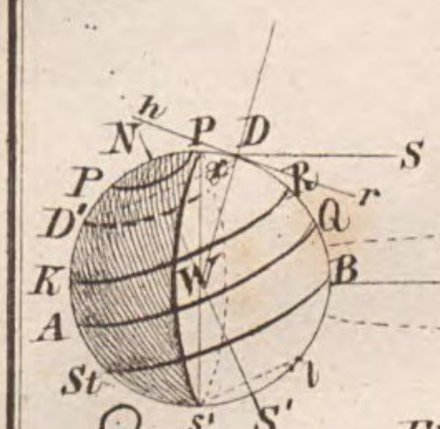


Fig. 120





H

Sonne

F

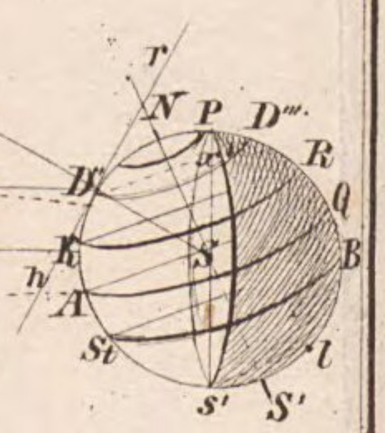


Fig. 122.

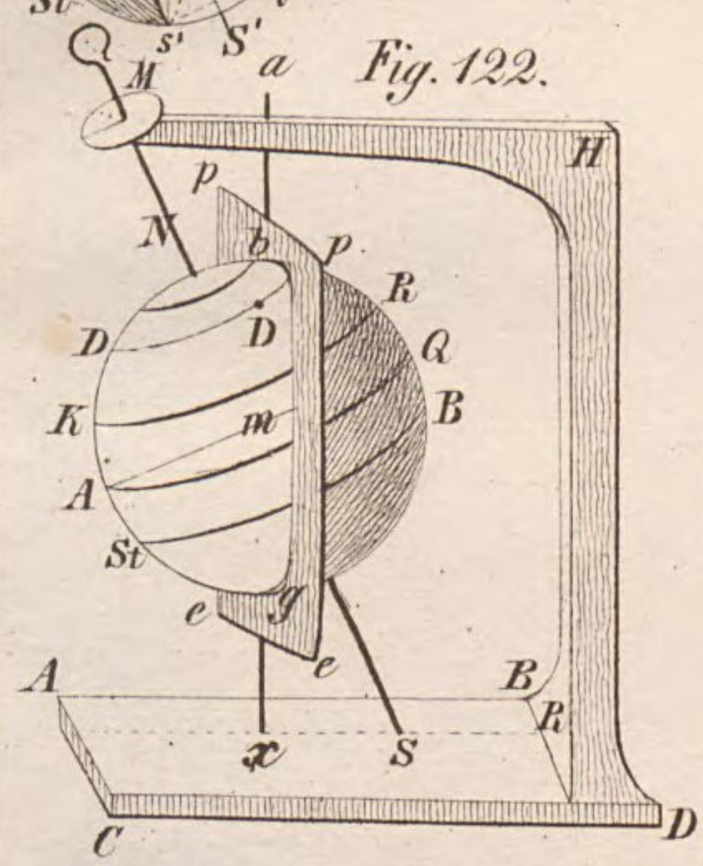


Fig. 123.

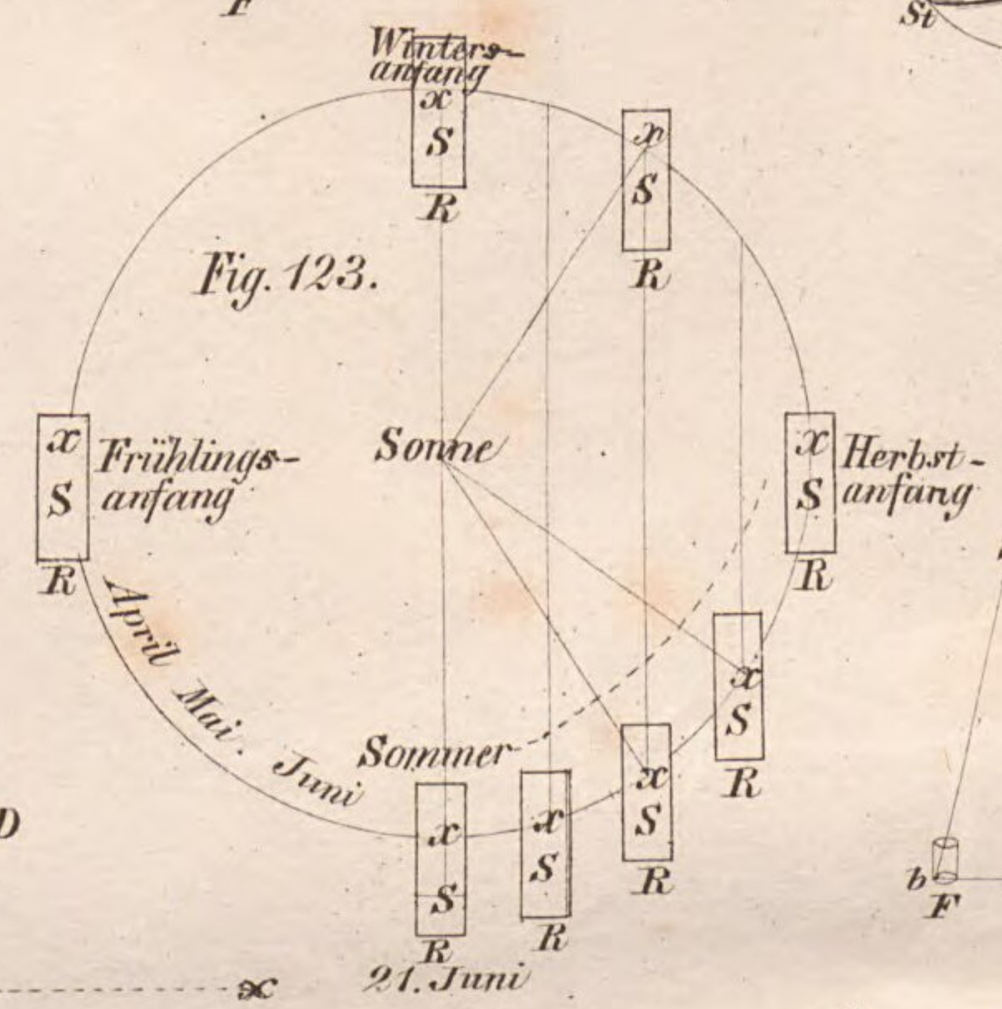
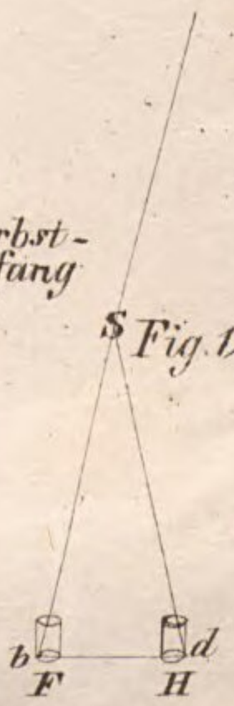


Fig. 124



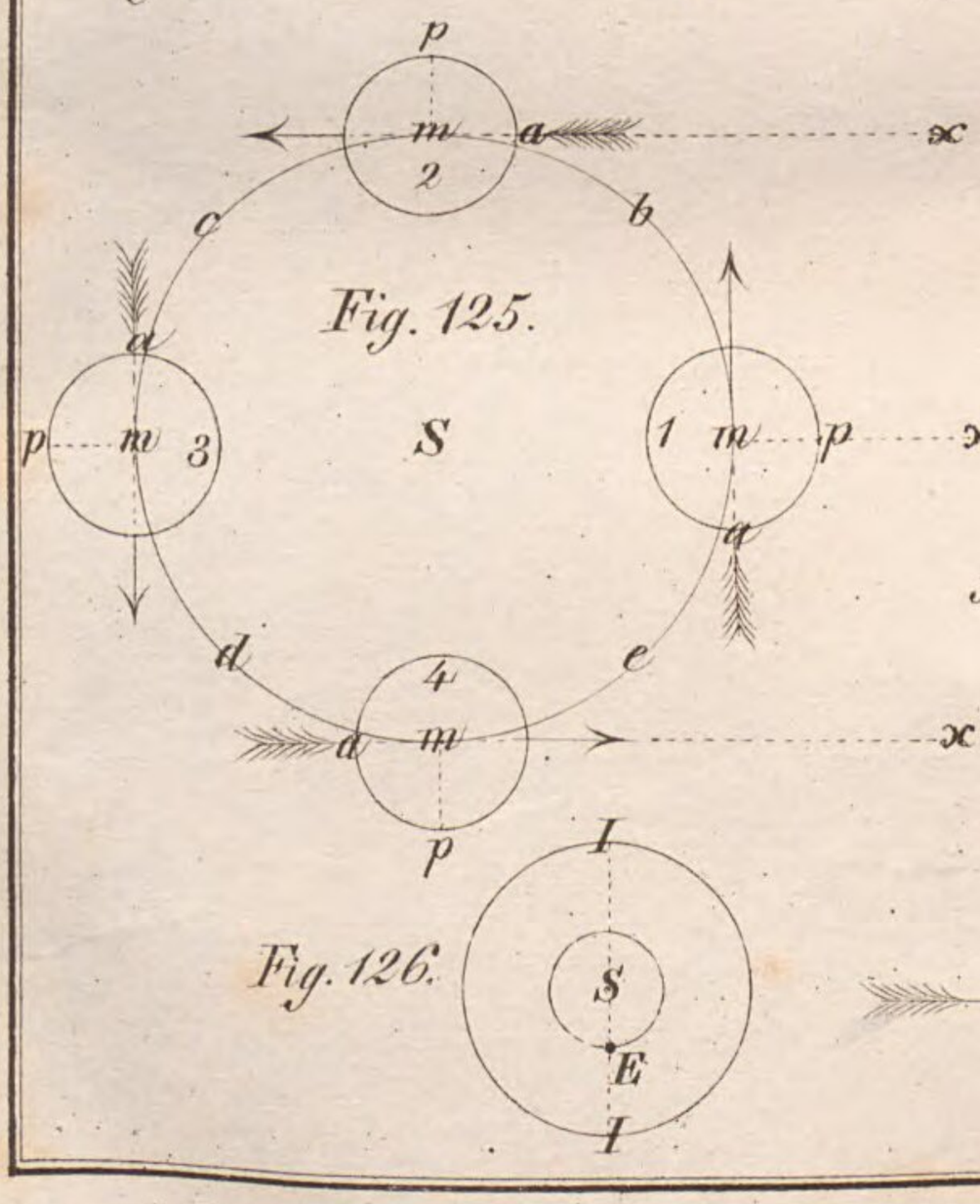


Fig. 125.

Fig. 126.

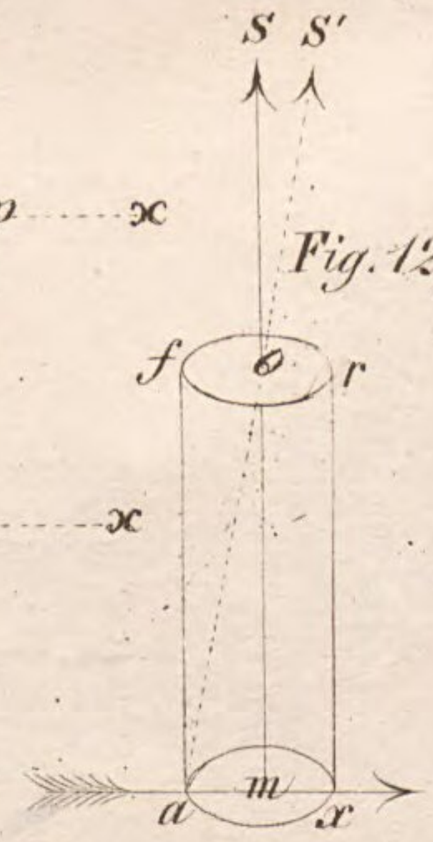


Fig. 127.

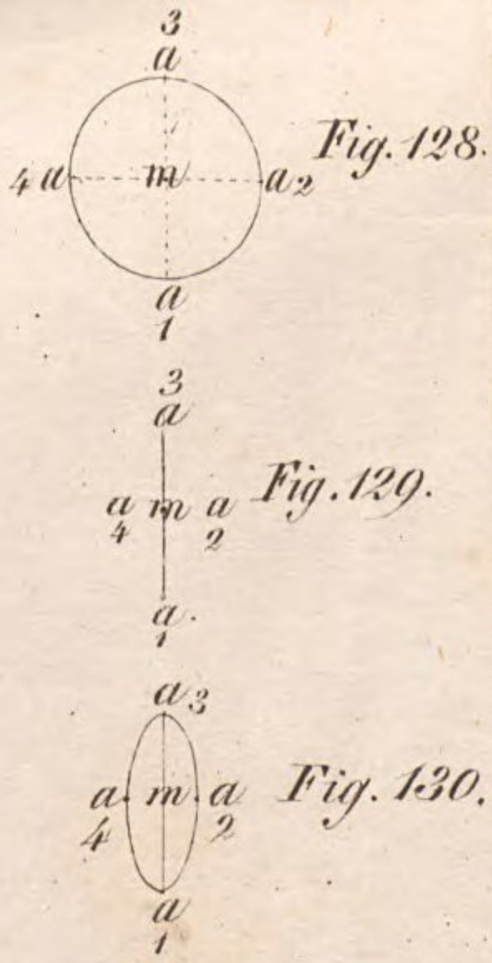


Fig. 128.

Fig. 129.

Fig. 130.

Taf. 16.

Fig. 131.

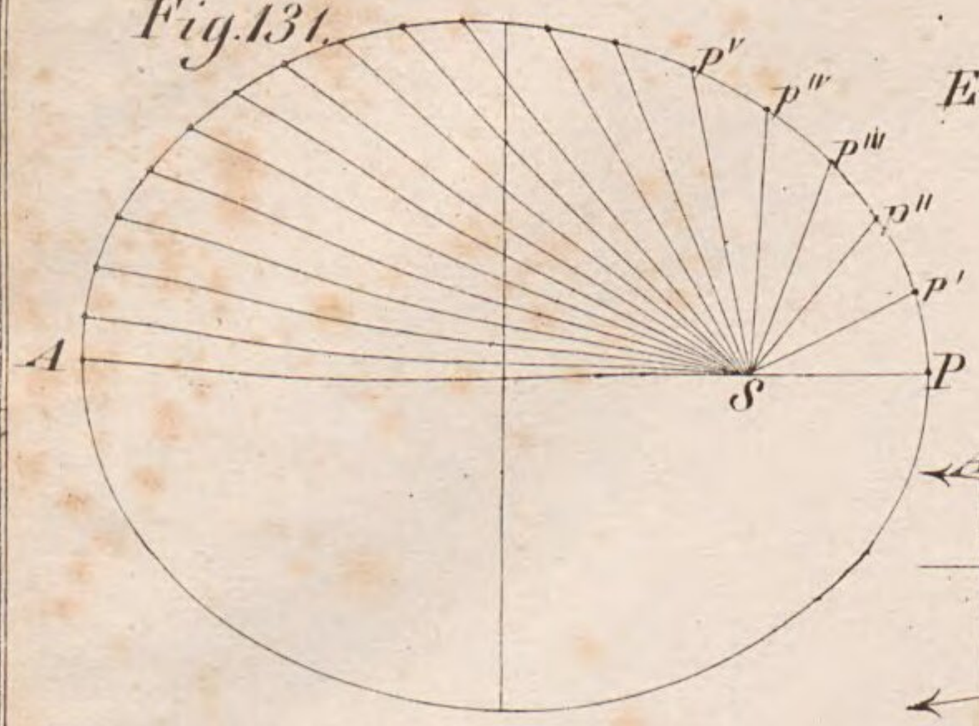


Fig. 132.

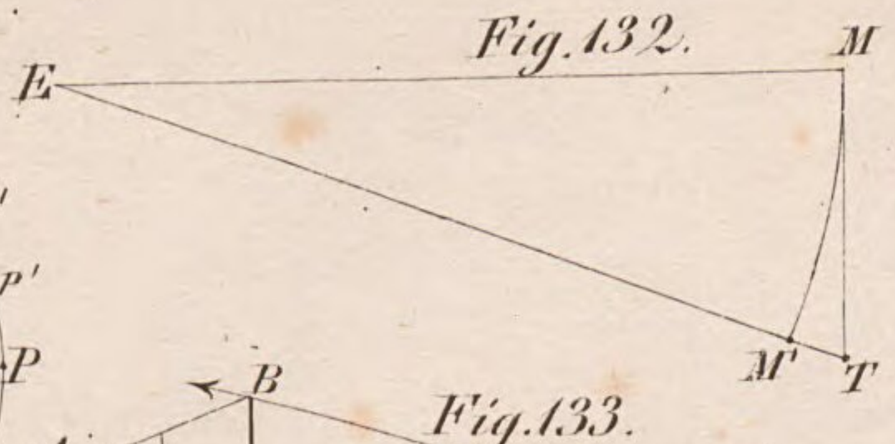


Fig. 133.

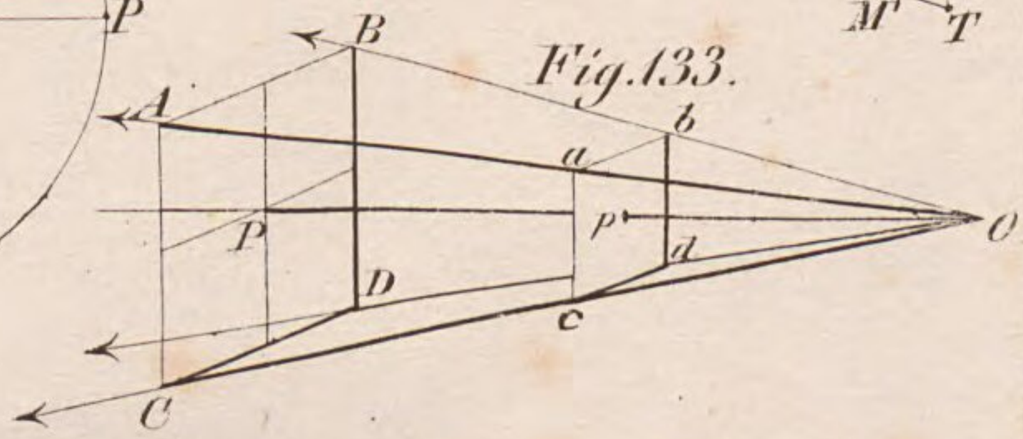


Fig. 134.

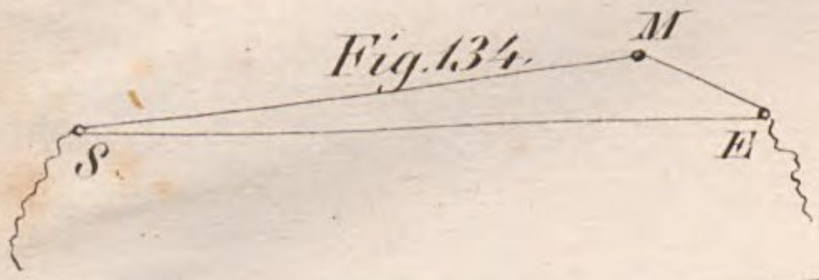


Fig. 135.

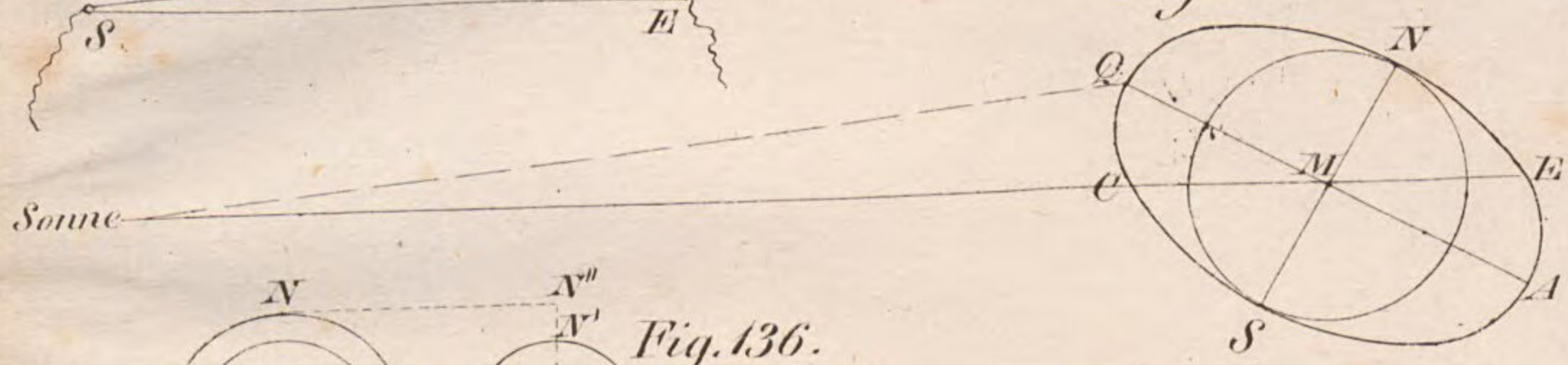


Fig. 136.

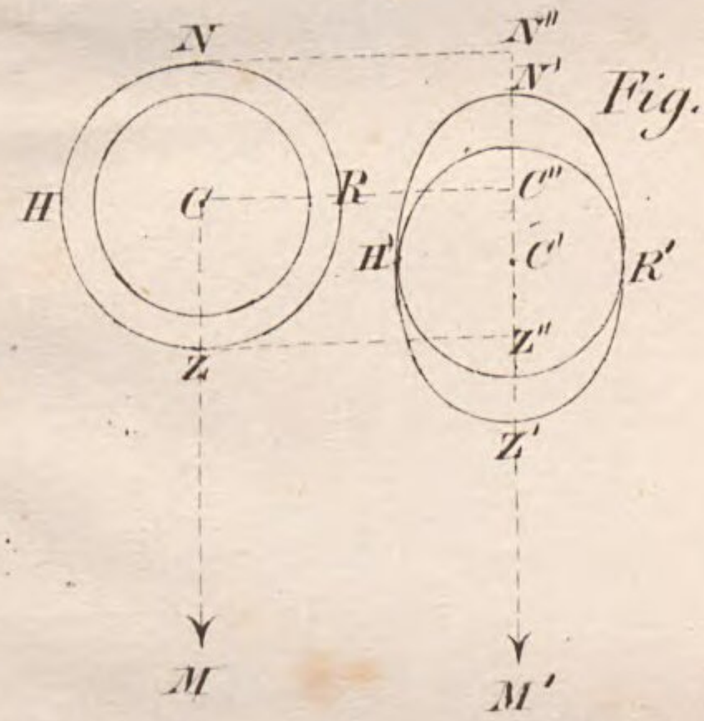


Fig. 137.

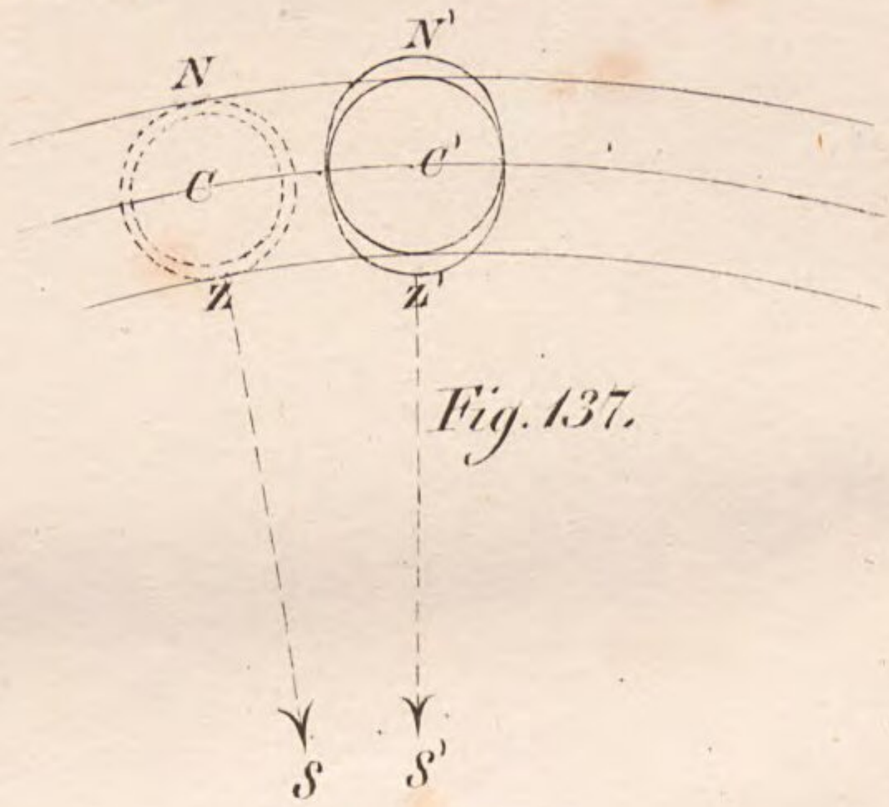


Fig. 138.

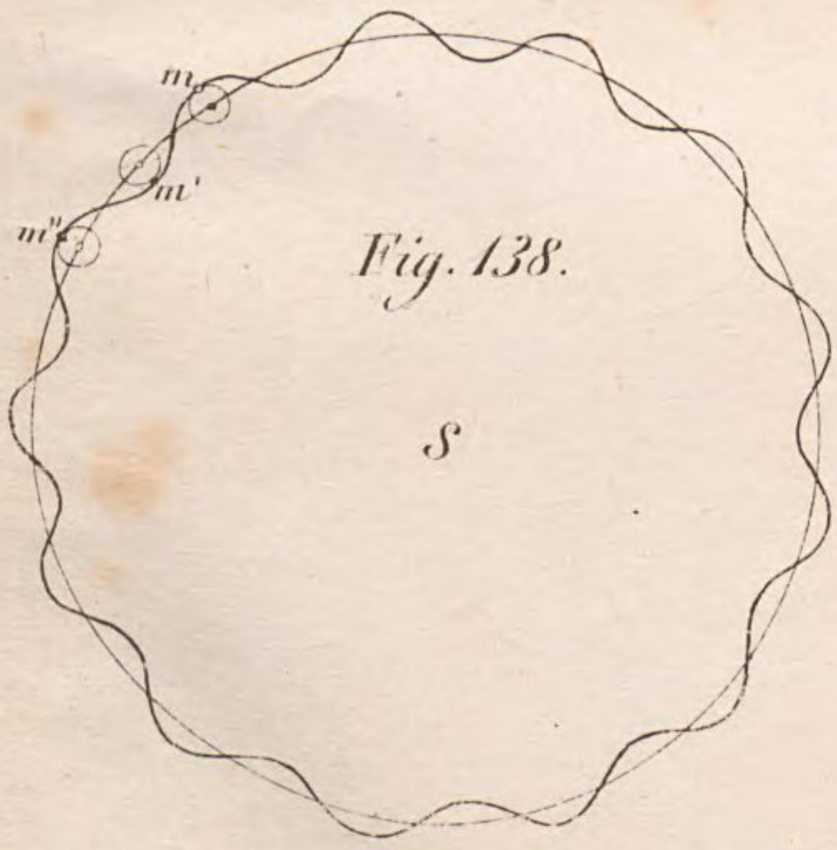


Fig. 139.

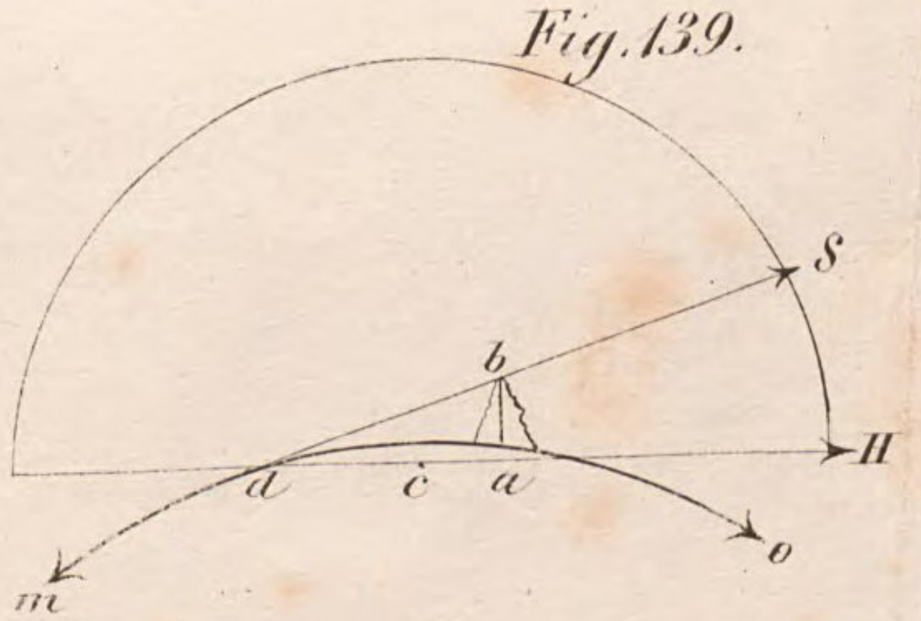


Fig. 140.

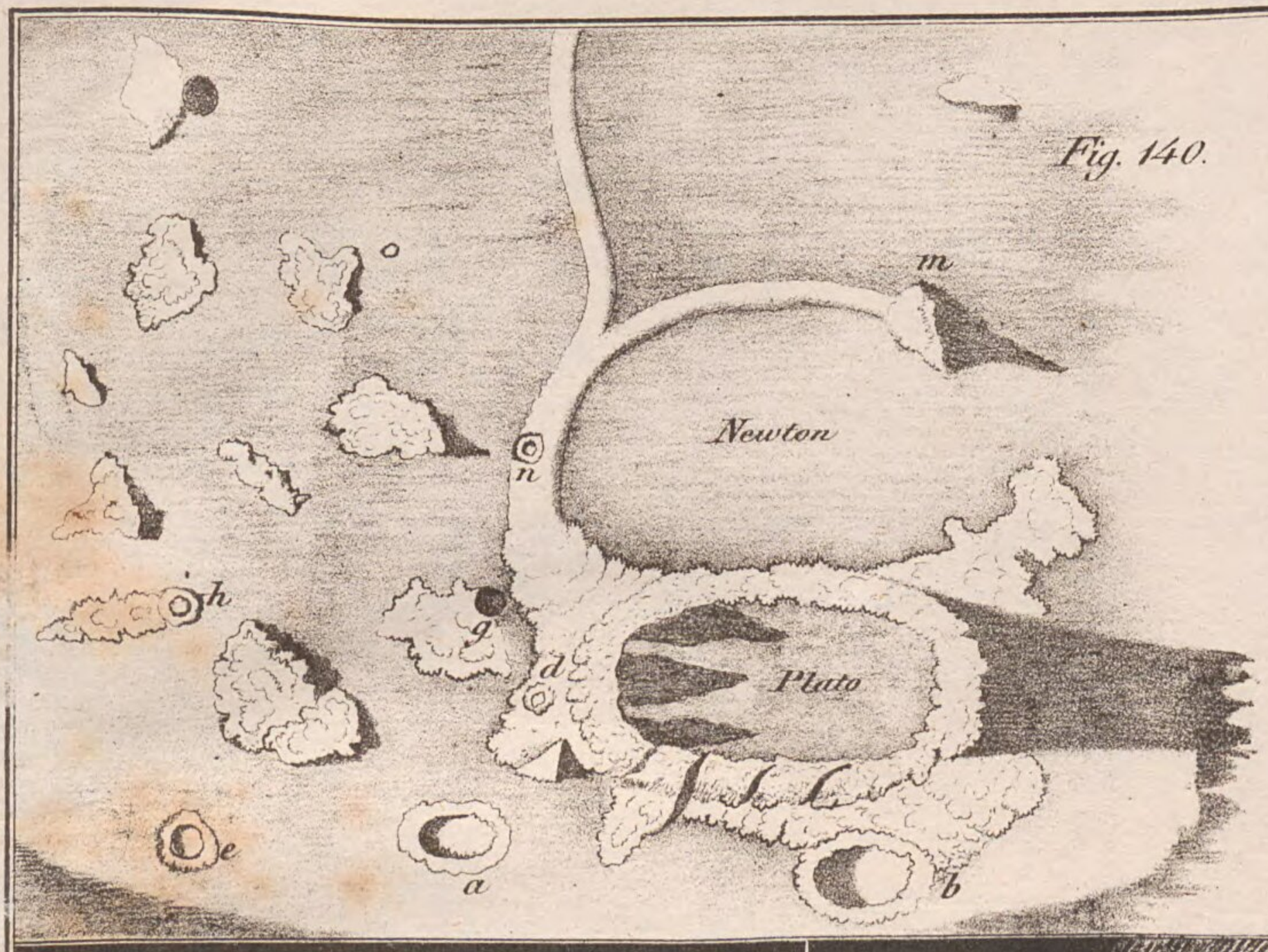


Fig. 141.

Fig. 142.

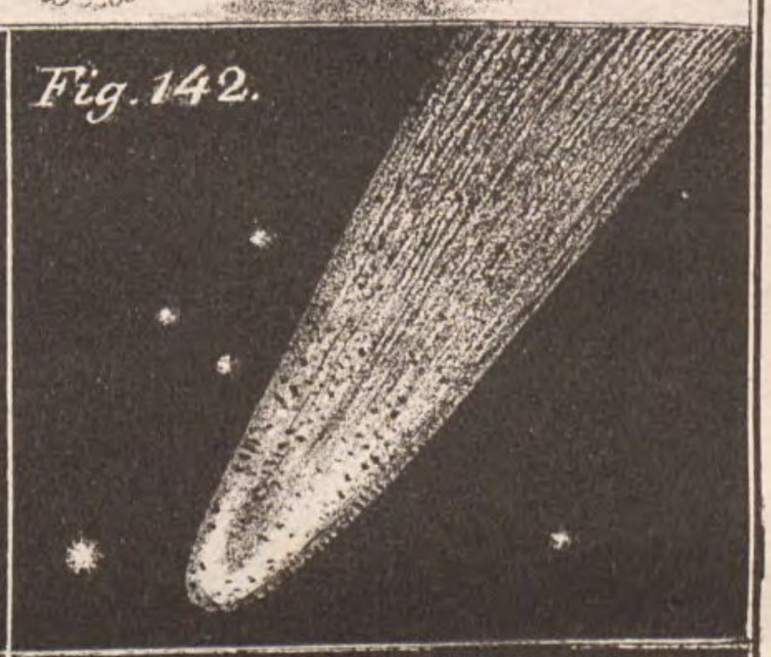


Fig. 143.

Steinhäuser & Knebel

Fig. 144.

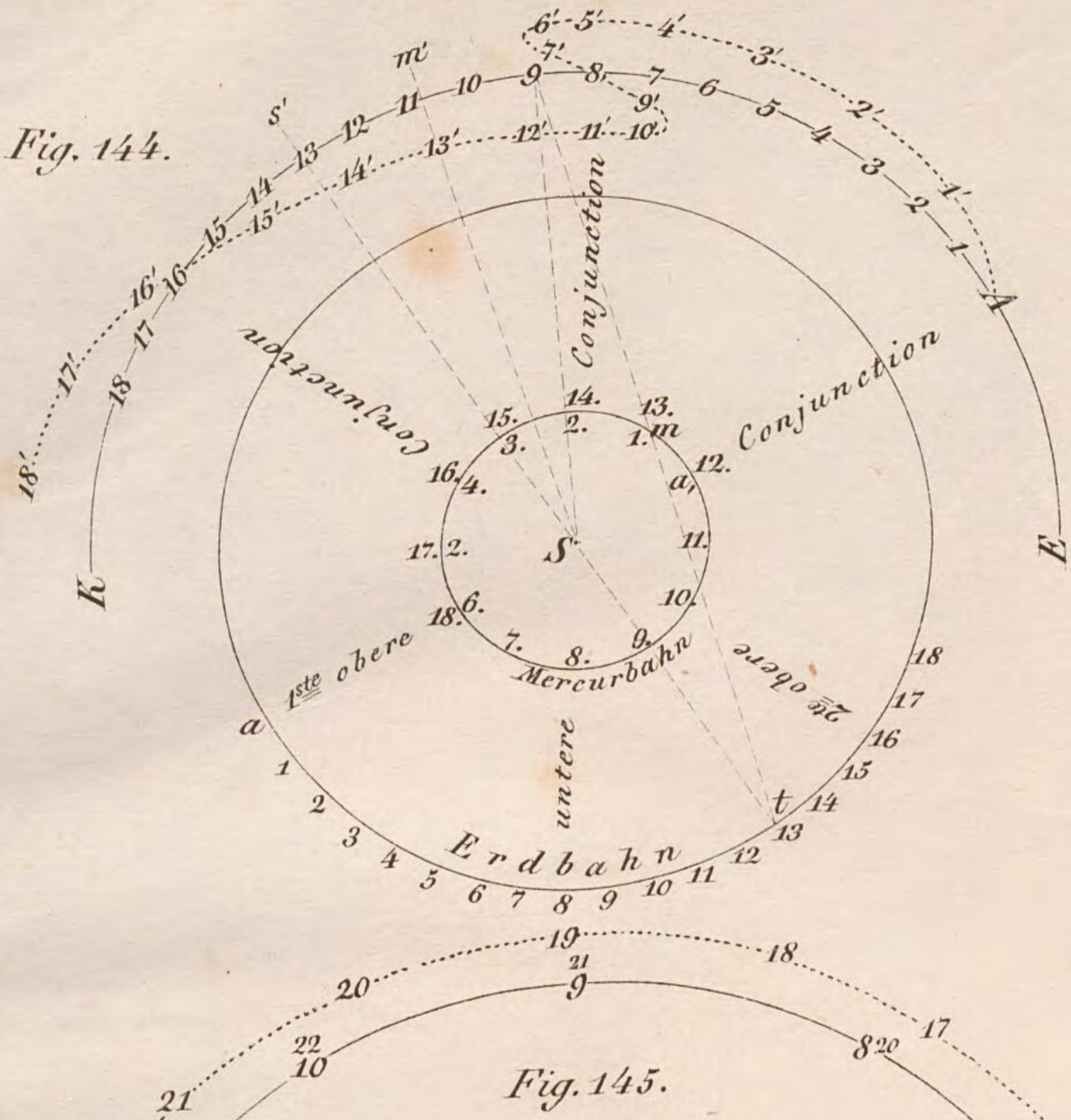


Fig. 145.

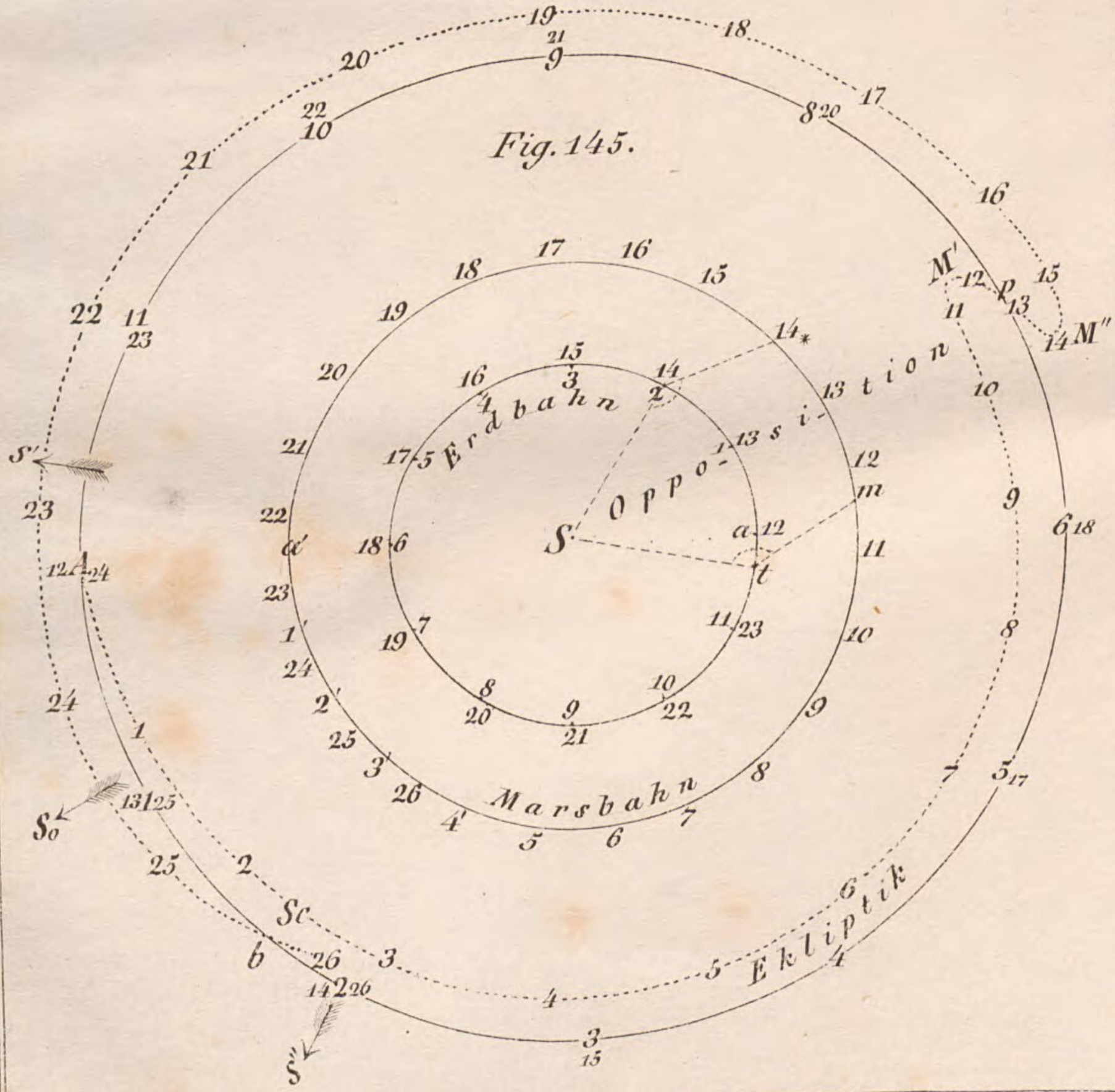
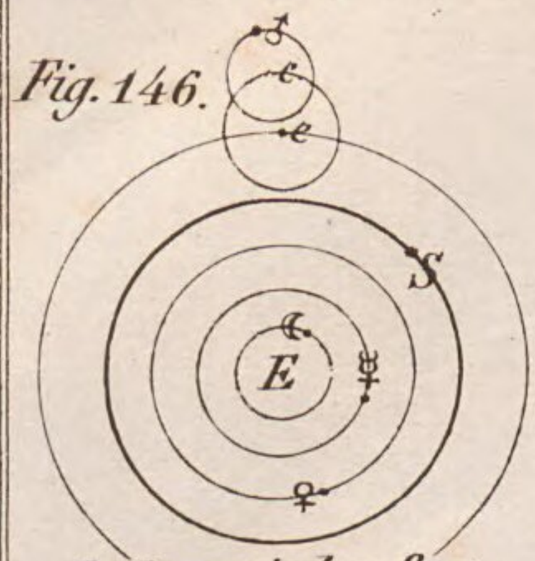
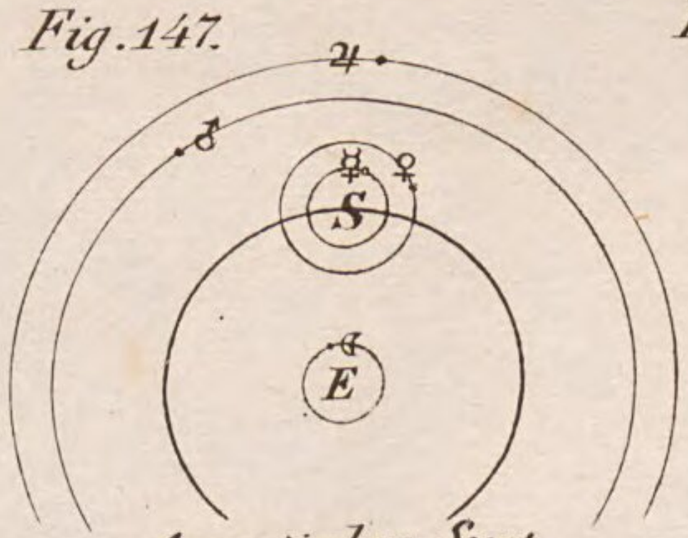


Fig. 146.



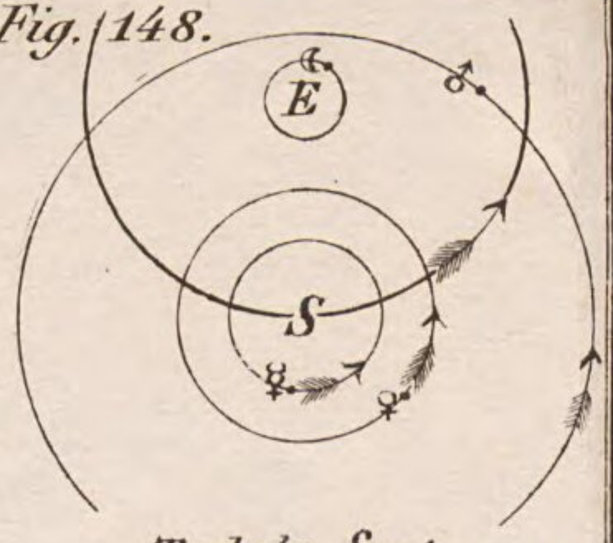
Ptolemaeisches Syst.

Fig. 147.



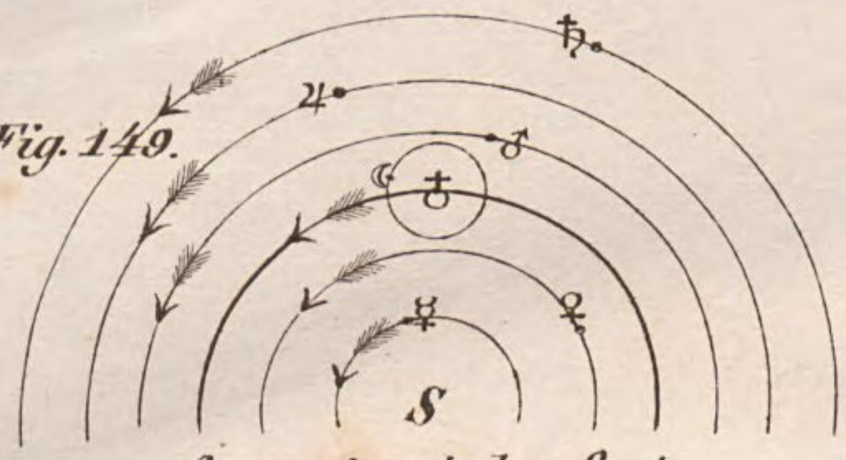
Aegyptisches Syst.

Fig. 148.



Tycho's Syst.

Fig. 149.



Copernicanisches Syst.

Fig. 150.

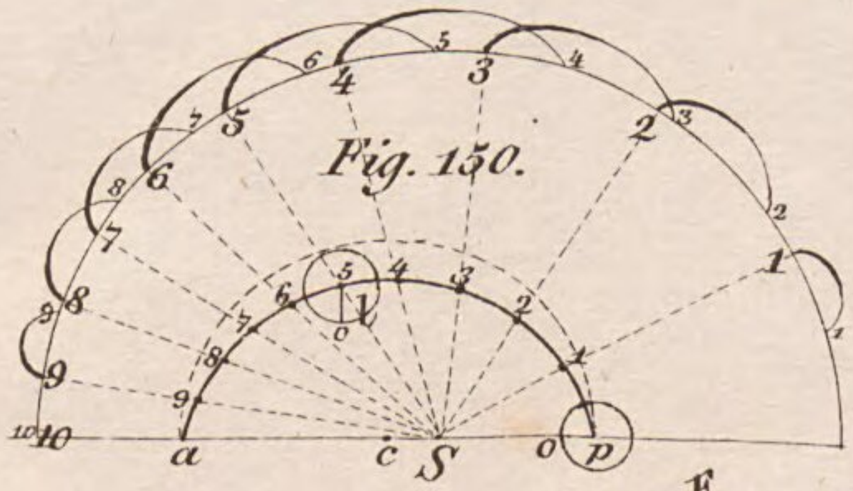


Fig. 151.

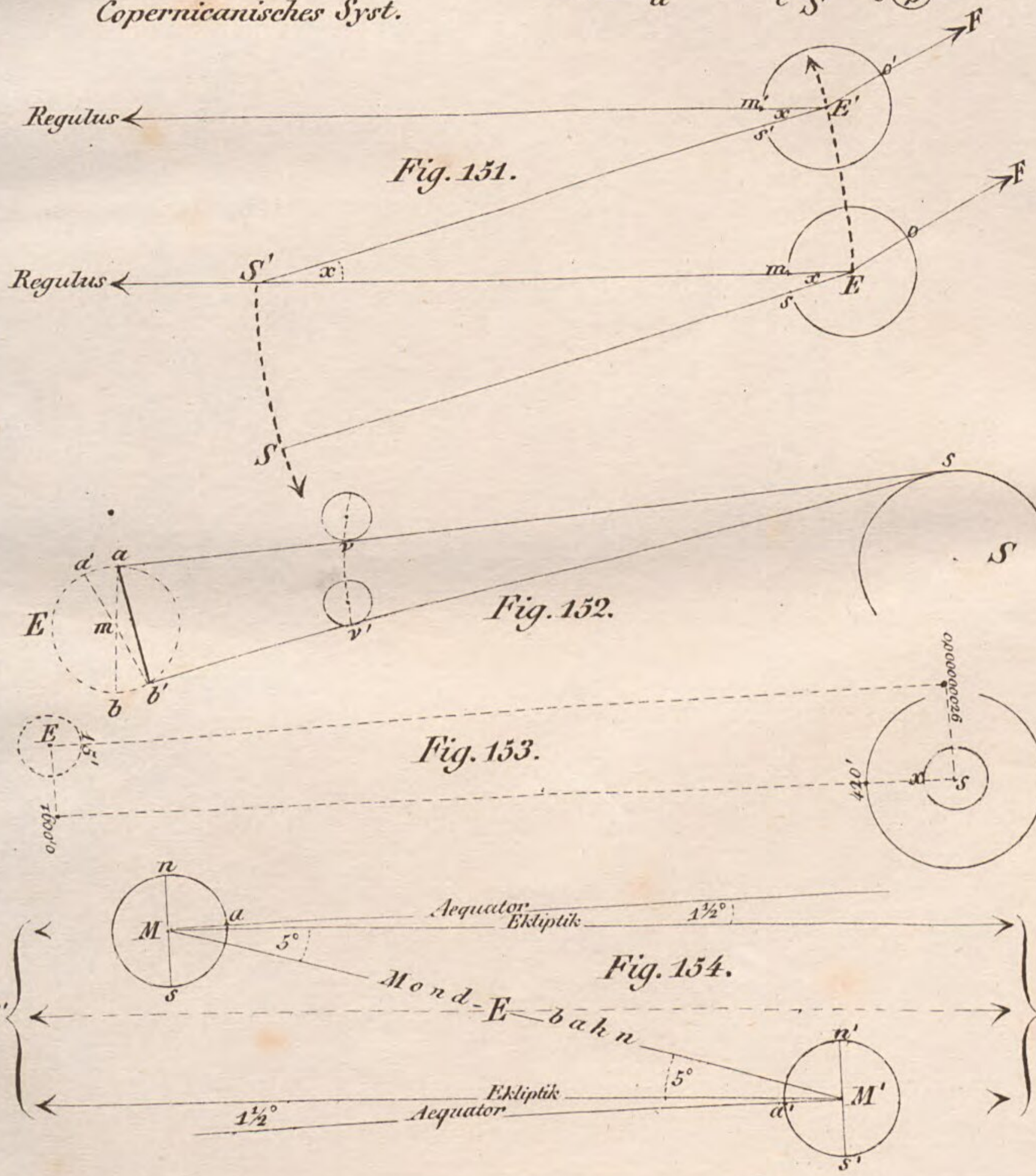


Fig. 152.

Fig. 153.

Fig. 154.

Fig. 155.

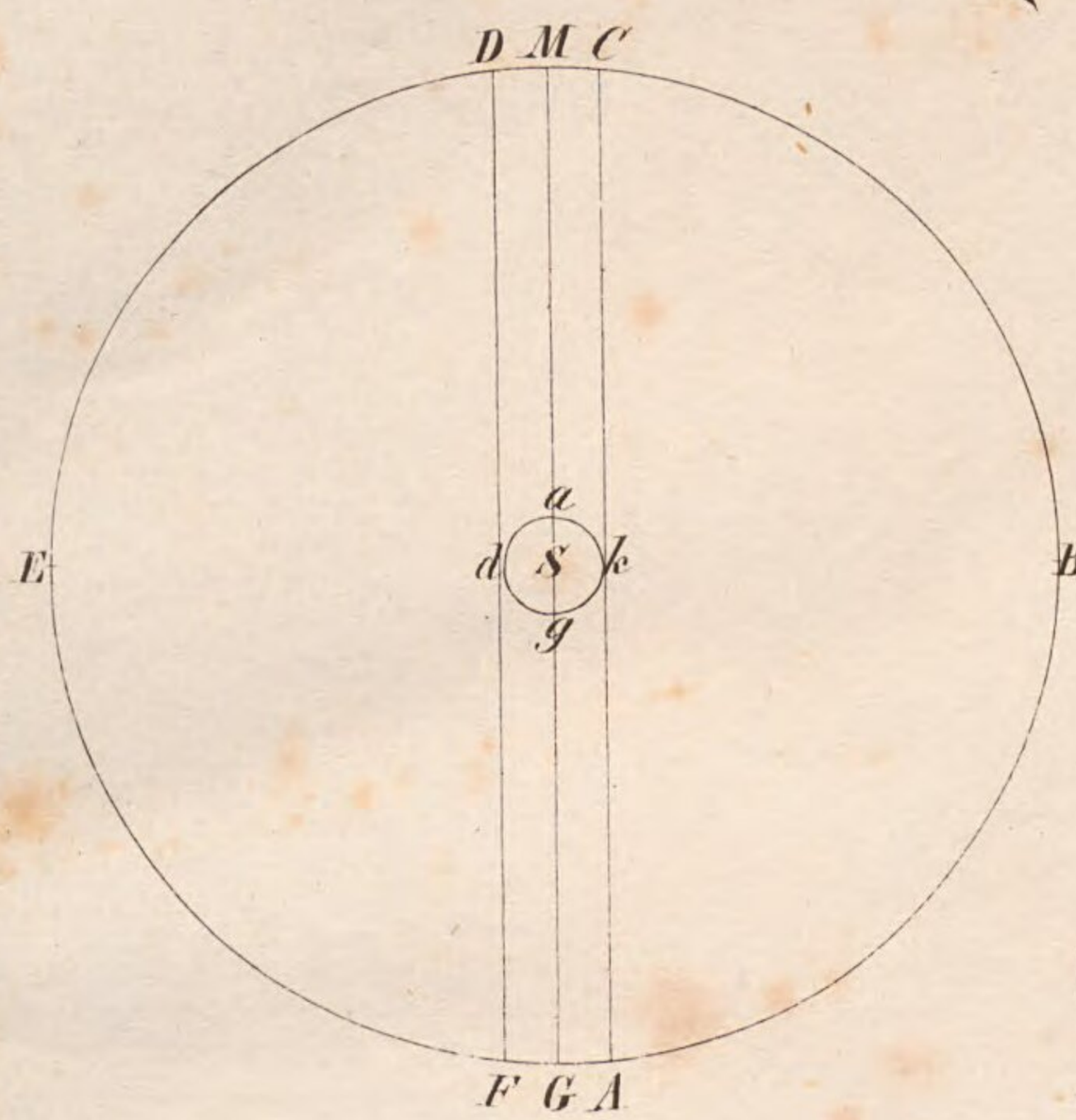


Fig. 156.

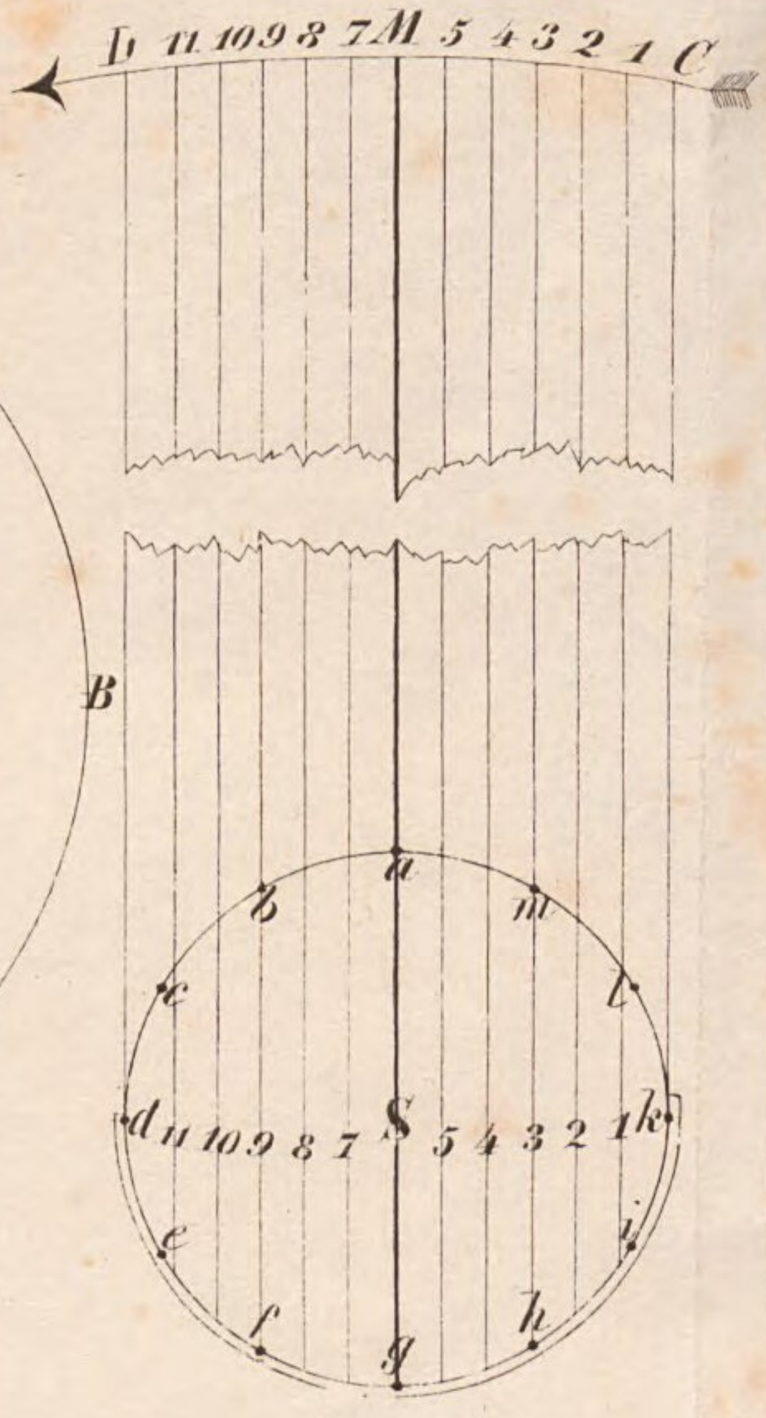
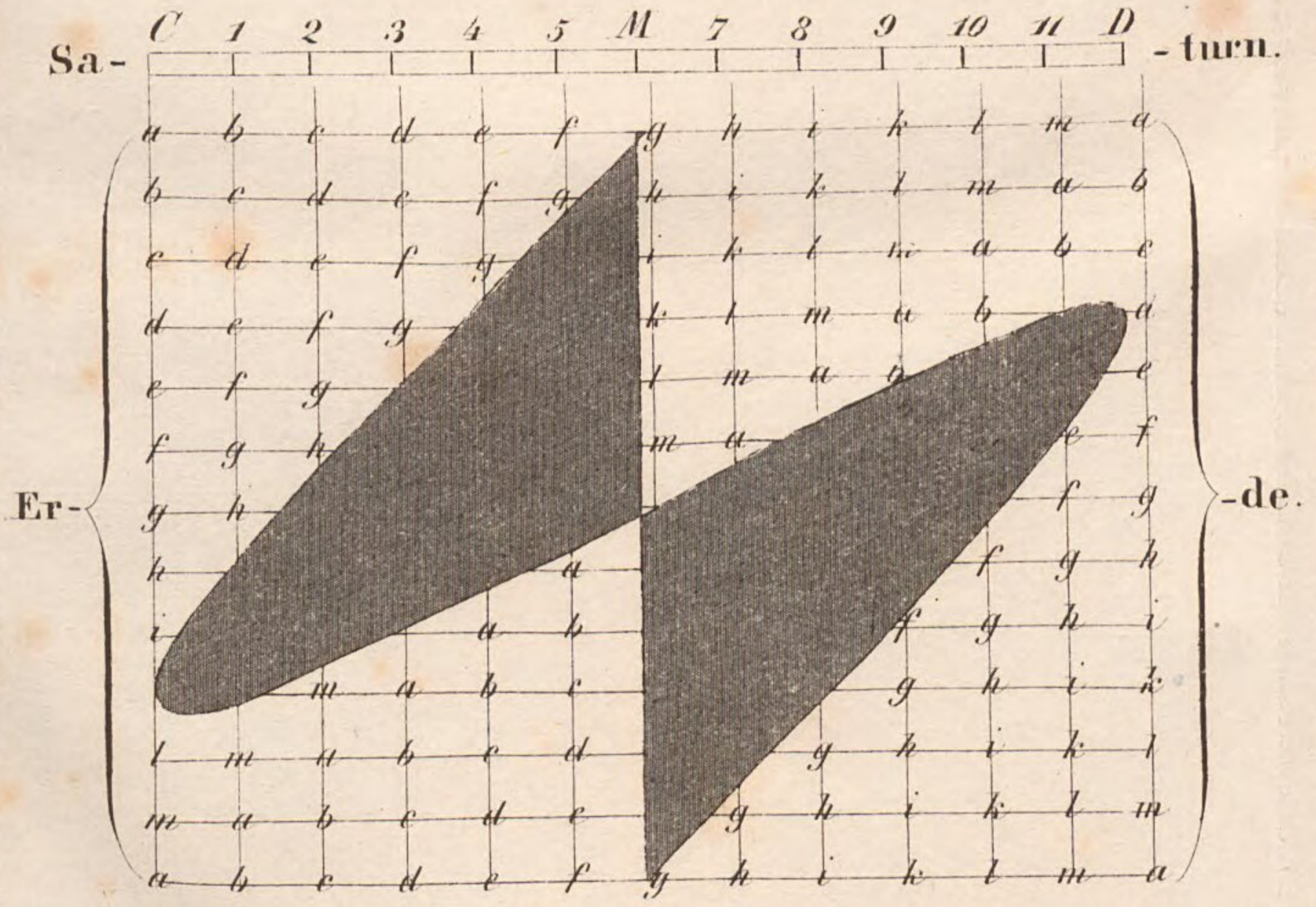


Fig. 157.



Bayerische Staatsbibliothek München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hartmann, Julius,

Urania Lehrbuch des Wissenswürdigsten aus der Himmelskunde und mathematischen Geographie ; in allgemein faßlicher Darstellung

Leipzig 1844

Astr.u. 309 k
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10061225-1